

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní zaměření: Programování NC strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Možnosti racionalizace výrobních procesů na NC strojích

Autor: **Jaroslav Danielko**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jiří Česánek, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Doc. Ing. Jiřímu Česánkovi Ph.D., a všem pracovníkům Katedry Technologie Obrábění Fakulty Strojní Západočeské univerzity v Plzni, za vstřícný přístup a cenné rady v oblasti problematiky řešení práce.

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Autorská práva

Podle Zákona o právu autorském č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Danielko	Jméno Jaroslav	
STUDIJNÍ OBOR	B2341 „Programování NC strojů“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Česánek Ph.D.	Jméno Jiří	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Možnosti racionalizace procesů na NC strojích		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	39	TEXTOVÁ ČÁST	30	GRAFICKÁ ČÁST	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p style="text-align: center;">Bakalářská práce seznamuje s možnostmi racionalizace procesů obrábění a obsahuje aplikaci racionalizovaných operací na konkrétní součásti za použití víceosého NC stroje.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Racionalizace, NC program, transformace roviny obrábění, proces obrábění, cyklus obrábění</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Danielko	Name Jaroslav	
FIELD OF STUDY	B2341 – Programming of NC machines		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Česánek	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Options of rationalization processes for NC machines		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2014
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	39	TEXT PART	30	GRAPHICAL PART	9
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor work introduces the possibilities of rationalization of machining processes and rationalization operations includes application to the specific components using the multi-axis NC machine.
KEY WORDS	Rationalization, NC program, transformation of the plane, the process of machining, machining cycle

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	- 1 -
Teoretický úvod.....	- 2 -
Cíle bakalářské práce.....	- 2 -
1. Analýza současného stavu řešené problematiky	- 3 -
1.1. Racionalizace technologie procesů na NC strojích.....	- 3 -
1.1.1. Trochoidální frézování.....	- 4 -
1.1.2. Vrtání stupňovitých otvorů se zkosenou hranou nebo zahloubením	- 5 -
1.1.3. Vnitřní soustružení za použití vrtáku osazeného VBD.....	- 6 -
1.1.4. Ponorné obrábění.....	- 7 -
1.2. Racionalizace procesů z hlediska možností NC strojů	- 9 -
2. Ukázka možností racionalizace na konkrétním příkladu	- 9 -
2.1. Výběr součásti	- 9 -
2.2. Výběr strojů	- 10 -
2.3. Výběr upínacích prvků součásti.....	- 12 -
2.4. Technologický postup výroby.....	- 13 -
2.4.1. Otevření dutiny středového otvoru	- 14 -
2.4.2. Středový otvor \varnothing 40 mm na čisto.....	- 16 -
2.4.3. Obrobení stran	- 18 -
2.4.4. Zhotovení postranních drážek 17x10 mm.....	- 20 -
2.4.5. Vybrání čtvercové kapsy s drážkami 16 mm	- 22 -
2.4.6. Sražení hran 5x45° čtvercové kapsy	- 24 -
2.4.7. Operace pro výrobu otvorů M6 a 12H7 po obvodě součásti	- 27 -
3. Technické zhodnocení navržených opatření.....	- 35 -
3.1. Racionalizace z hlediska úspory počtu nástrojů.....	- 36 -
3.2. Racionalizace z hlediska úspory seřizovacích časů.....	- 36 -
3.3. Racionalizace z hlediska počtu upnutí.....	- 37 -
4. Zhodnocení a závěr	- 37 -
Literatura a odkazy.....	- 39 -
Seznam příloh.....	- 39 -

Teoretický úvod

Vývoj nových řezných materiálů nástrojů a kinematických částí konstrukce obráběcích strojů přispívají k produkovaní a možnosti použití nových technologií k vyšší progresivitě výroby. Tím se také vyvíjí tlak k vytváření racionálních operací a částí výrobních procesů v oblasti CNC programování. Podmínky pro CNC obrábění vytvářené v softwarových zařízeních mají velmi pozitivní vliv na průběh celé výroby.

Výrobci vyvíjejí tyto systémy řízení k dokonalejším formám pro usnadnění programování, a tedy k racionalizaci obrábění. Tyto formy snižují jak časy operační při obrábění, tak i časy nutné k přípravě technologie, tedy k naprogramování technologie. Výroba se stává produktivnější nejen s ohledem na časovou složku produkce, ale také v ohledu přesnosti a lepších podmínek pro nástroj i obrobek. Důležité je i snížení rizika vnesení chyby při vytváření programů jeho strukturním uspořádáním a přehledností jednotlivých bloků.

Cíle bakalářské práce

Cílem řešení bakalářské práce je definování a seznámení s racionalizačními procesy v oboru CNC programování. Porovnání s konvenčními metodami a vyhodnocením těchto procesů zjistit jejich skutečnou užitnou hodnotu pro progresivní výrobu v třískovém obrábění. Aplikovat tyto procesy ve sledu na vybrané součásti a uvést jejich možné modifikace. Tedy následně prakticky využít některých těchto racionalizačních produktů na vytvořeném modelu dané součásti, tzn. sestavení technologických postupů, seřizovacích listů a NC programu v řídicím systému HEIDENHAIN iTNC 530. Na jednotlivých operacích ukázat možnosti, které poskytují CNC řídicí systémy, použití jejich funkcí, které přispívají k optimalizaci a racionalizaci procesů a které plnohodnotně využívají stále modernějších technologických faktorů. Konečné vyhodnocení výsledků obrábění.

Znalosti o tomto systému vyplývají z teoretické i praktické výuky během studia i přímo z průmyslové praxe.

1. Analýza současného stavu řešené problematiky

1.1. Racionalizace technologie procesů na NC strojích

Při racionalizaci výrobních procesů je využíváno optimálních podmínek a výrobních faktorů, které může daný výrobní systém poskytnout k nejefektivnějším výstupům produkce. Výrobní faktory zvětšují stále své kapacity především vývojem nástrojů a nových technologií ve strojním průmyslu a tak se zvyšuje i kapacita faktorů řídicích systémů NC strojů a tím vede k efektivitě, hospodárnosti a optimalizaci výrobních procesů.

Dnešní souvislé řídicí systémy umožňují přístup k novým technologiím obrábění výběrem z bohaté škály možností vedení nástroje po složitých geometrických drahách nejrůznějších tvarů a metod obrábění nového věku. Vyšetření optimálních a efektivnějších podmínek výroby je předpokladem k produkování nejvhodnějších variant řešení.

Za nejjednodušší vedení nástrojů se považuje přímková dráha používána už na klasických, číslicově neřízených strojích. Se zavedením CNC řídicích systémů a softwarových zařízení se začali generovat kruhové dráhy nástrojů a postupným vývojem i další souvislé geometricky složité dráhy. Tyto se uplatňují v nejrozmanitějších metodách obrábění, které nabízejí CAM systémy i dílenské editory obrábění řídicích systémů.

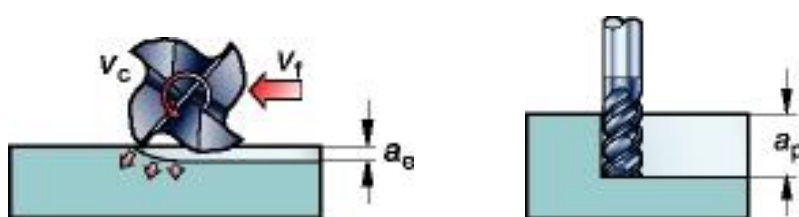
Mezi jedny z nejatraktivnějších výrobních procesů obrábění patří především:

- metoda ponorného frézování
- metoda planetového frézování
- metoda odřezávání tenkých vrstev
- použití vrtáku s VBD pro vnitřní soustružení
- vrtání stupňovitých otvorů se zkosenou hranou či zahloubením komplexními nástroji
- vrtání radiálně seřízeným vrtákem
- vrtání pomocí šroubovitě interpolace
- vrtání na jádro

Některé z výše uvedeného výčtu popíšeme v následujících statích, abychom porovnali tyto metody s konvenčními metodami.

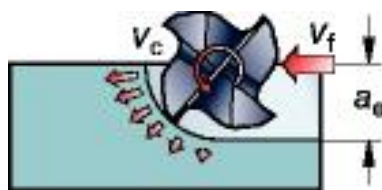
1.1.1. Trochoidální frézování

Tato metoda se vyznačuje postupným odebráním tenkých vrstev materiálu, což znamená, že při obrábění využíváme malou radiální hloubku záběru a_e . Při takto malé hloubce řezu stačí být v řezu pouze jeden břit nástroje a tím se snižují sklony k vibracím nástroje. Díky zkrácení doby kontaktu jednotlivých řezných břitů dochází k menšímu nárůstu tepla vytvářeného třením při oddělování třísky při obrábění, což má za následek aplikování vysoké řezné rychlosti V_c . Zároveň, při podmínce malé hloubky záběru, vzniká tříska o malé tloušťce, a to umožňuje použití velké axiální hloubky řezu a_p a zvýšení rychlosti posuvu V_f .



Obr.1-1 Podstata metody odřezávání tenkých vrstev a směr působících sil [1]

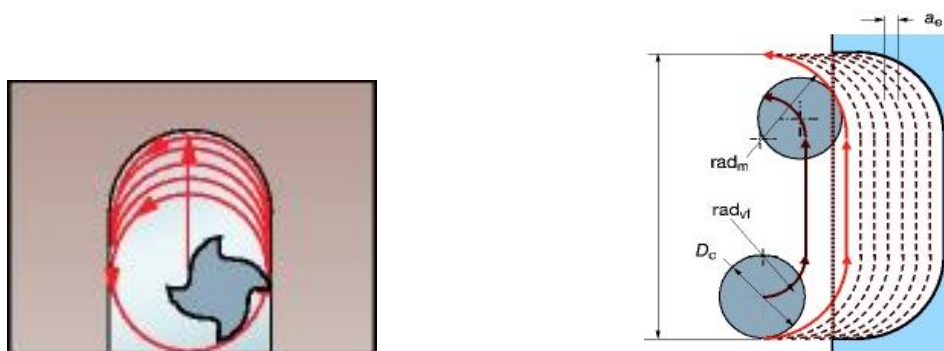
Na obrázku 1-1 jsou vyobrazeny propriety a jejich charakteristické velikosti používané při této technologické metodě a rozložení sil působících v místě řezu. Komparováním této metody a běžné metody bez využití charakteristických vlastností odřezávání tenkých vrstev na obrázku 1-2, je zřejmé, u popisované metody, vhodnější rozložení sil na malém úhlu opásání nástroje a jejich působení v méně směrech co nejvíce tečných k obráběnému materiálu. Takto působící řezné síly opět pozitivně ovlivňují vibrace a deformace nástroje. Od malých vibrací a deformací nástrojů se odvíjí vynikající textura obroběného povrchu a zároveň se i dostatečně prodlužuje trvanlivost břitů nástroje pomalým opotřebením.



Obr.1-2 Konvenční metoda frézování a rozložení sil při tomto způsobu [1]

Dráha, kterou nástroj opisuje při trochoidálním frézování, lze definovat kruhovými interpolacemi se současným přímkovým přísuvem vpřed ve směru obrábění a vytváří tak požadovaný tvar. Tato metoda se uplatňuje při frézování nejrůznějších drážek, dutin a kapes, po tenkých, konstantně proměnlivých a rovnoměrných radiálních hloubkách odebrání materiálu, při téměř konstantním úhlu opásání nástroje. Pro obrobení těchto drážek a dutin frézujeme jejich hloubku najednou nebo postupně s využitím co největší délky řezné části, tedy s velkou axiální hloubkou řezu, což zajistí, že se opotřebením a teplem vytvářeným v místě

řezu rozloží na větší délce nástroje. Břit se tak neopotrebovává jen na čele a malé části řezné válcové plochy u čela jak je zvykem u tradičních technologií obrábění při těchto operacích.



Obr.1-3 Trochoidální frézování a dráha nástroje při této metodě [1]

Trochoidální obrábění se vyznačuje mnohem větší spolehlivostí procesu, především z důvodu trvanlivosti břitu a nástroje, což má pozitivní dopad i na ekonomickou složku výroby.

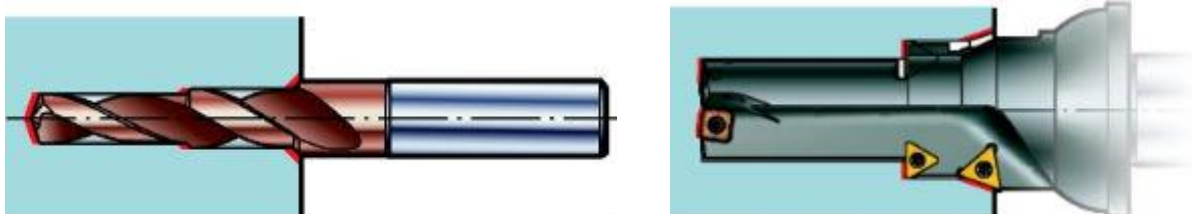
Další aplikace, kde se využívá metoda odřezávání tenkých vrstev je frézování rohů. Používá se zejména jako předdokončovací operace v rozích, kde z důvodu velkého diametru nástroje, který dutinu otevře vyhrubováním, zůstane velký přídavek nevhodný pro obrábění na čisto. Proces je opět prováděn postupným odebíráním materiálu. Je možné však, že hloubka záběru od počátečních vrstev ke konečným bude značně stoupat a neumožní větší velikost posuvu. Pak je nutné snižovat rychlost posuvu i z důvodu zvětšujícího se úhlu opásání závislého na poměru průměru nástroje a poloměru rádius rohu.



Obr. 1-4. Postupné odebírání vrstev trochoidálním frézováním aplikovaného při obrábění v rozích vlevo, úhel opásání nástroje při klasickém konturovém frézování vpravo [1]

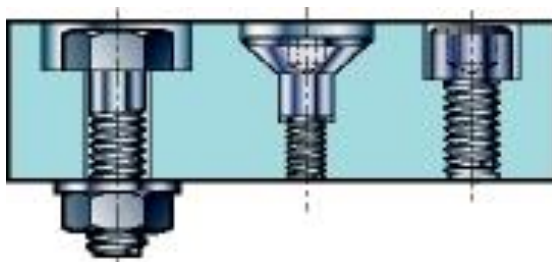
1.1.2. Vrtání stupňovitých otvorů se zkosenou hranou nebo zahloubením

K těmto procesům se využívají komplexní nástroje obr.1-5. karbidové monolitní nebo s VBD, které se ve většině případů zhotovují na zakázku, přímo na míru. Zaručují provedení více operací najednou tzv. na jeden průchod. Takto řešená výroba otvoru s více prvky má za velkou výhodu zkrácení času z velké části výměny nástroje, ale také času strojního. Představu o otvorech s více prvky uvádí obrázek 1-6.



Obr.1-5 Karbidový monolitní vrták (vlevo), vrták osazený VBD (vpravo) [1]

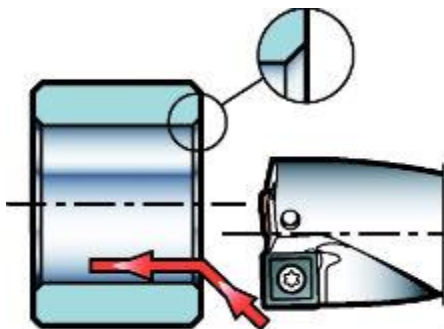
Při vrtání takového otvoru sduženým nástrojem na jeden průchod odpadají tedy nejen časy na výměny nástrojů, ale také časy nutné na přeřazení rychlosti otáček, zastavení a roztočení vřetene. Následuje však problém s vyladěním operace (posuvů a řezné rychlosti), tak aby se správně oddělovala tříska na všech břitech nástroje. Proto musíme dbát zvýšené pozornosti při sledování tvorby třísky na jednotlivých částech nástroje postupně v jejich sledu. Tzn. nejdříve sledujeme a popřípadě upravujeme podmínky pro utváření třísky při vrtání, následně pak u zahlubování a finálně při srážení hrany.



Obr. 1-6 Příklad výroby různých otvorů s více prvky [1]

1.1.3. Vnitřní soustružení za použití vrtáku osazeného VBD

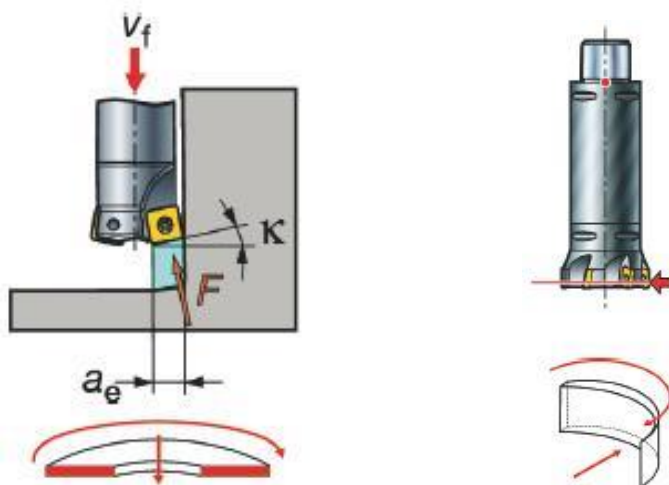
Princip této metody je v dalším využití vrtáku s VBD nejen pro vrtání, ale také pro soustružení vnitřních válcových ploch. To je možné, pokud se vnější (obvodová) břitová destička vhodně natočí a seřídí do osy obrábění. Nástroj zachovává značnou tuhost při obou operacích. Vlivem toho, že vrtákem si nejprve otevřeme otvor pro soustružení a okamžitě započne cyklus soustružení, snižujeme počet nástrojů upnutých v revolverových hlavách CNC soustruhů a také krátíme časy těchto procesů vlivem absence výměny nástrojů a operacemi s nimi spojených.



Obr.1-7 Použití vrtáku s VBD pro vnitřní soustružení [1]

1.1.4. Ponorné obrábění

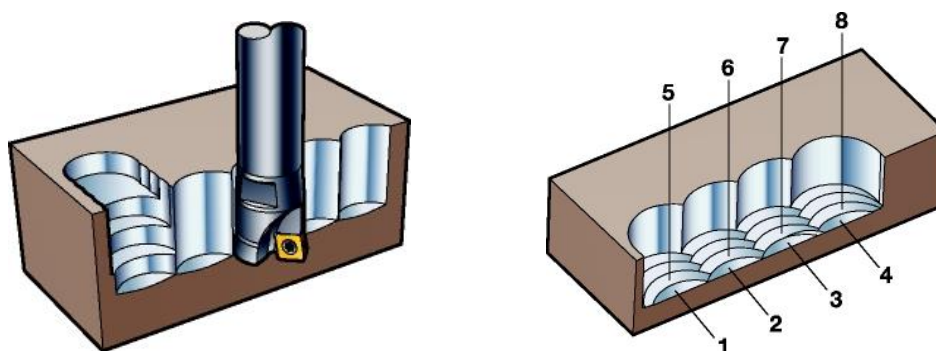
Metoda ponorného obrábění, tzv. plunžrování, se používá jak u procesů frézování, tak u procesu vrtání. Jedná se o velmi produktivní způsob obrábění, kde nejefektivnější složkou je rychle odebrané velké množství materiálu. Tato metoda má velmi pozitivní vliv na rozložení řezných sil působících na nástroj a následně přenesením těchto sil i na vřeteno stroje. Téměř všechny síly během obrábění se nacházejí v axiálním směru, proti směru obrábění, a tak odpadají velká radiální zatížení a vyplývá možnost použití dlouhých či štíhlých nástrojů a vzhledem k potřebě nevelkého kroučicího momentu nejsou ani požadavky na výkon stroje vysoké. Z důvodu absence radiální sil se ve velkém snižují i případné vibrace a hluchnost během procesu klesá.



Obr.1-8 Radiální krok nástroje a směr působení síly při ponorném frézování vlevo, rozložení síly při konvenčním způsobu frézování vpravo [1]

Jak je patrné z obrázku 1-8, u obvyklého způsobu obrábění je působení síly z velké části v radiálním směru a nástroj se stává náchylnějším na deformace. Ponorné obrábění se aplikuje pouze jako hrubovací operace. Dále je zřejmé z obrázku 1-8 maximální možné radiální překrytí nástroje a využití pouze části jeho diametru ovlivněné velikostí řezné části VBD u metody ponorného frézování. Z důvodu nenáročnosti na průběh tvaru dráhy nástroje není tato metoda náročná na výpočetní jednotku stroje. Všechny dráhy nástroje probíhají po spojitých přímkách.

Pro racionální výsledek této operace musí být splněno několik podmínek. První podmínkou je překrytí nástroje, které musí být maximální, avšak s ohledem na velikost VBD s čímž souvisí i minimální počet břitových destiček v záběru, v množství dvě a více. Při malém překrytí se zbytečně do nástroje vnášejí radiální síly, které spolu s větším překrytím klesají a to by vedlo ke vzniku ohybových napětí.



Obr.1-9 Přerušované řezy při ponorném frézování vpravo, postup ponořování vlevo [1]

Další velice důležitou podmínkou je splnění obrobení s co nejvíce možným rovnoměrným přídavkem pro obrábění na čisto. I přesto nejsou tyto přídavky pro dokončovací operace a nepřerušovaný, konstantní řez jejich nástrojů v porovnání s ostatními metodami frézování vynikající a proto se zavádí do procesu ještě předdokončovací operace ofrézováním kontury. Samozřejmě, při této metodě používané v uzavřených konturách, je předvrtání otvoru. Ponorné frézování uplatňuje pro řez pouze tu část diametru nástroje osazenou VBD. Ponorné frézování je velmi efektivní technika obrábění pro výrobu hlubokých kapes, drážek a jiných dutin. Takto hlubokých profilů, zejména uzavřených, hraje důležitou roli odvod třísek, které nejlépe odvádí stačený vzduch nebo velký tlak chladicího média.

Samozřejmě k těmto procesům přispívají i jejich účinné části, zejména najetí nebo vyjetí nástroje z místa řezu po definované křivce nebo definování dráhy nástroje po křivce.

- najetí/vyjetí tečně po kružnici libovolného poloměru
- vedení nástroje po šroubovici
- vedení nástroje po rampách
- vedení nástroje po kružnicích

1.2. Racionalizace procesů z hlediska možností NC strojů

Jedním z nejdůležitějších požadavků při obrábění je výroba součásti s co možná nejmenším počtem upnutí. Velký nárůst možností racionalizovat procesy obrábění se pozorují zvláště za použití víceosých NC strojů. Tyto stroje mnohdy obrobí součást na jedno upnutí, což má velmi pozitivní vliv na kvalitu, přesnost a zvyšující se produkci výroby. Pomocí víceosých strojů vzniká absence vnesení chyby přesnosti upnutí vlivem obsluhy a další možná rizika s upínáním spojené. Zvýšení produkce je ovlivněno především snížením časové složky výroby. Další výhodou je kinematika těchto strojů, která umožňuje obrábět složité a obtížně definovatelné plochy, jež na tříosých strojích nelze provést. Přímý rozdíl racionalizace za použití strojů s vyšším počtem řízených os je popsáno na konkrétním příkladu, kde dobře vyplyne užití těchto strojů, jakožto užití předdefinovaných cyklů a funkcí dílenského programování pro tyto stroje určené.

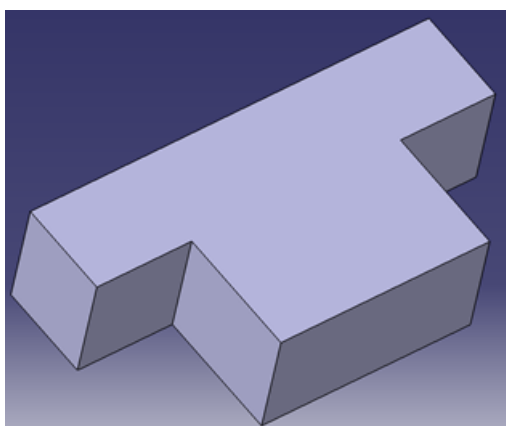
2. Ukázka možností racionalizace na konkrétním příkladu

2.1. Výběr součásti

Pro racionalizaci výroby na konkrétním příkladu byla zvolena nerotační součást. Při výběru bylo přihlíženo zvláště na relativní tvarové složitosti, většího množství prvků součásti a jejich situování z hlediska následného řešení.

Za tímto účelem byla navštívena firma SENKOV s.r.o., která přijímá zakázky a kooperuje s dalšími firmami v oblasti CNC obrábění. Dále navržené racionalizační opatření, které je obsahem této práce, je pouze návrhem možné výroby součásti.

Za součást je zvolena Nosná deska, ze zakázky anonymní firmy (výrobní výkres v příloze má zakryté razítko). Deska bude vyrobena z materiálu ČSN 11 523. Tento materiál je charakterizovaný jako nelegovaná konstrukční jemnozrná ocel vhodná ke svařování[10] . Jako základní polotovary je zvolen výpalek z plechu o síle 60 mm a půdorysné ploše 220x115 mm. Ten následně bude dohotoven na konvenční konzolové frézce na rozměr 210x110x55 mm. V dalším kroku se na jiné konvenční frézce vyfrézují boční osazení. Takto opracované polotovary, obr.2-1, jsou brány již jako vstupní polotovary pro následující popisované technologie.



Obr. 2-1 Vstupní polotovar

Z výrobního výkresu, který je součástí přílohy, je přímo zřejmé z kterých prvku se daná součást skládá.

Jedná se o jednu větší díru o průměru 40 mm situovanou uprostřed desky. Ta nevyžaduje žádné přesné tolerance ani jakost obrobené plochy. Dalším prvkem jsou dvě postranní drážky o šířce 17mm a roztečné délce 10mm. Další významné odebrání materiálu shledáme u čtyř drážek o šířce 16 mm s tolerancí ± 0.1 mm a jakostí povrchu Ra 6,3 μ m. Tyto drážky z půdorysného pohledu vycházejí každá z jedné strany a zbíhají se vprostřed čtvercové kapsy pootočené o 45°. Jednou z nejnáročnějších operací bude vrtání, závitování a vystružování děr po obvodu této součásti z jejich čtyř stran, názorně vyobrazených v řezech výrobního výkresu. Neopomenout se však musí sražení na hranách čtvercové kapsy, které bude v následné racionalizaci vhodně vyřešeno.

2.2. Výběr strojů

Součást je obráběna ve firmě SENKOV s.r.o. na tříosém frézovacím stroji MAS MCV 1000 Quick. Z důvodu komplikované výroby a z hlediska mnohonásobného přeupínání bude

v racionalizovaném návrhu upřednostňováno 5-tiosé frézovací centrum DMG DMU 65 MonoBlock s otočným naklápěcím stolem, který se nachází ve vědecko-technickém parku v Plzni. Oba stroje jsou vybaveny stejným řídicím systémem Heidenhain iTNC 530. Stroje jsou ilustrovány na obrázcích níže, a jsou k nim přiřazeny technické parametry v tabulkách.



Obr. 2-2 Vybrané stroje – DMG DMU 65 MonoBlock vlevo, MAS MCV 1000 Quick vpravo [2]

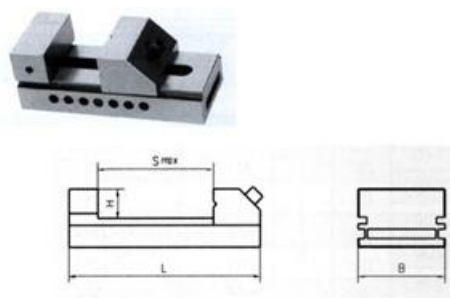
Tab.2-1 Technické parametry MCV 1000 Quick [3]

Pracovní rozsah X / Y / Z	1016 x 610 x 720 mm
Upínací plocha stolu	1300 x 670 mm
Max. zatížení stolu	1 200 kg
Vřeteno - MCV 1000 SPRINT	HSK - A63
Max. otáčky vřetena	10 000 ot/min
Výkon motoru vřetena SIEMENS (S1/S6 - 40%)	25 / 35 kW
Jmenovitý krouticí moment (S1/S6 - 40%)	86 / 120 Nm
POČET MÍST V ZÁSOBNÍKU	24

Tab.2-2 Technické parametry DMG DMU 65 MonoBlock [4]

Pracovní rozsah X / Y / Z	735 x 650 x 560mm
Upínací plocha stolu	1000 x 650 mm
Max. zatížení stolu	1 800 kg
Vřeteno	HSK - A63
Max. otáčky vřetena	10 000 ot/min
Výkon motoru vřetena (S6 - 40%)	13 kW
Jmenovitý krouticí moment..... (S6 - 40%)	83 Nm
POČET MÍST V ZÁSOBNÍKU	30

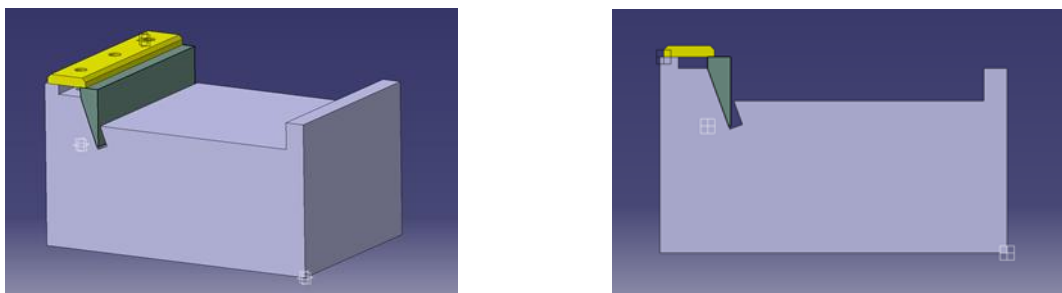
2.3. Výběr upínacích prvků součástí



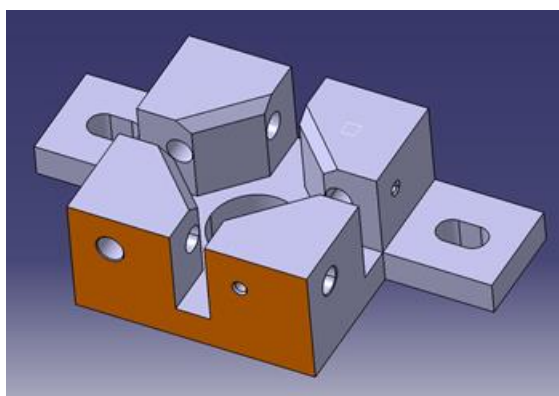
Obr. 2-3 Svěrák s krátkou částí na straně pohyblivé čelisti [5]

V případě tříosého stroje postačí jako upínací prvek strojní svěrák běžné velikosti (např. s délkou čelistí 150 mm), s použitím frézovacích podložek či vhodně osazených čelistí. V případě 5-tiosého stroje však nastává problém s možností obrobení otvorů po obvodě součásti. Při naklopení stolu s přístupem k otvorům po obvodě součásti na straně dotyku s pohyblivou čelistí svěráku (obr. 2-5), je velké riziko střetu vřetene se svěrákem. Je tedy důležité vybrat takový strojní svěrák, který v závislosti na činné délce, tedy délce pohybového šroubu, bude mít nejmenší délku od pohyblivé čelisti k místu ovládání svěráku (konec šroubu). Strojní svěrák s vhodnými předpoklady je na obr.2-3. S ohledem na to, že firma nemusí disponovat tímto svěrákem, může se zvážit možná výroba upínacího přípravku speciálně pro tuto součást. Vždy se však musí brát zřetel na velikost výrobní dávky. Zhotovení takového přípravku je z ekonomického hlediska výhodné jen pro větší počet vyráběných kusů. Přibližnou představu o takovém přípravku dává obr.2-4. Druhá kolize by mohla nastat při střetu vřeteníku přímo s plochou otočného stolu, při jeho naklopení. Tento

případ je řešen upnutím svěráku či speciálního přípravku na broušené podložky, které zajistí dostatečnou vzdálenost obrobku od stolu.



Obr.2-4 Speciální přípravek pro výrobu konkrétní součásti





Obr.2-5 Riziková strana součásti

2.4. Technologický postup výroby

Výrobní postup pro racionalizované operace na stroji DMG DMU 65 MonoBlock je přikládán do přílohy. Následnými body bude popsáno ve sledu zrealizování jednotlivých operací obrábění a jejich možné modifikace. V jednotlivých bodech je uveden použitý nástroj, upínač nástroje, řezné podmínky nástroje a pomocné výpočty. Popisována je také tvorba NC programu v dílenském programovacím editoru DIALOG systému Heidenhain iTNC 530. Ke každé operaci je k dispozici část programu. Hlavní odlišnosti jsou shledány v operaci č.6 až č.16, kde se jedná o racionalizaci z hlediska možností NC strojů probírané v kapitole 1.2. a dále bude podrobně vylíčena.

2.4.1. Otevření dutiny středového otvoru

TAB.2-1 Vrták PRAMET s VBD[6]

Nástroj (ilustrace):	
	Číslo operace: <input type="text" value="1"/>
	Číslo nástroje: <input type="text" value="T9"/>
	Název nástroje: <input type="text" value="PRAMET 803D – 25"/>
	Použité VBD: <input type="text" value="XPET 0703AP"/>
Upínač (ilustrace):	
	Řezná rychlost: <input type="text" value="335 m/min"/>
	Posuvová rychlost: <input type="text" value="380 mm/min"/>
	Otáčky: <input type="text" value="4250 ot/min"/>
	Název upínače: <input type="text" value="WELDON 69871.40ADB – W 32100"/>

Pomocné výpočty:

TAB 2-2 Pomocné výpočty

$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f * n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 * 335 / \pi * 25$	$V_f = 0,09 * 4250$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 4250 \text{ ot/min}$</u>	<u>$V_f = 380 \text{ mm/min}$</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na otáčku

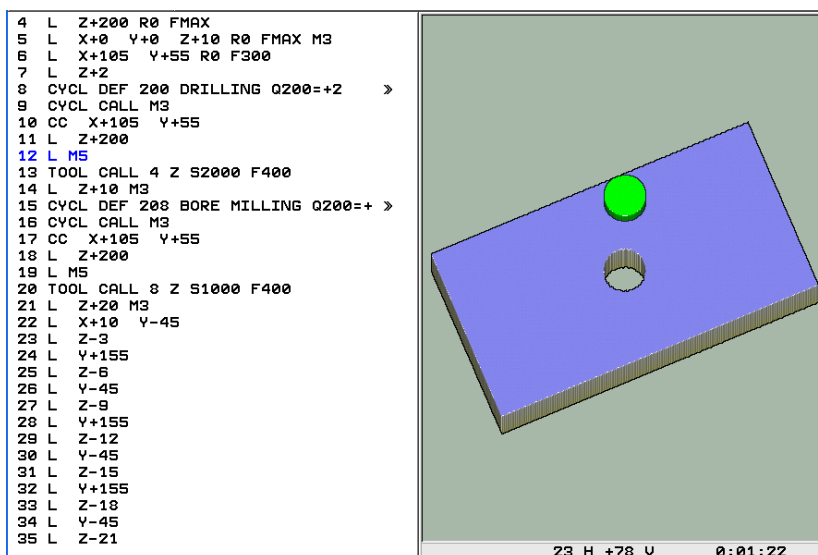
Jelikož se jedná a hrubovací operaci, byl pro tuto operaci zvolen vrták s VBD. Před operací vrtání, provedenou tímto nástrojem, není třeba zařazovat žádnou jinou operaci jako je tomu u klasických vrtáků z HSS oceli. Zároveň tento nástroj dosahuje velké produktivity a vyšší

životnosti. V příští operaci je tento otvor frézován na čisto na průměr 40 mm. Pro bezpečný a správný pohyb následujícího nástroje je otvor vyhrubován na průměr 25 mm.

Pro operaci vrtání je zvolen jeden z možných cyklů vrtání, které nám nabízí systém dílenského programování. V tomto případě pomocí softklávesy použijeme cyklus 203 VRTÁNÍ [9], v jehož předpisu nadefinujeme hodnoty vyhovující zdravému průběhu operace obrábění. Komentáře k jednotlivým blokům jsou níže popsány zeleným písmem. Po přivolání cyklu, je nutné definovat pozici vrtaného otvoru pomocí tlačítka pro programování dráhových pohybů.

Část programu s cyklem VRTÁNÍ:



```
8 CYCL DEF 200 DRILLING ~ //DEFINOVÁNÍ CYKLU VRTÁNÍ//  
  Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~ //BEZPEČNÁ VZDÁLENOST//  
  Q201=-65 ;DEPTH ~ //HLOUBKA//  
  Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~ //POSUV PŘÍSUVU DO HLOUBKY//  
  Q202=+5 ;PLUNGING DEPTH ~ //HLOUBKA PŘÍSUVU//  
  Q210=+0 ;DWELL TIME AT TOP ~ //ČASOVÁ PRODLEVA NAHOŘE//  
  Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~ //SOUŘADNICE POVRCHU//  
  Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~ //BEZPEČNÁ VZDÁLENOST//  
  Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH //ČASOVÁ PRODLEVA DOLE//  
9 CYCL CALL M3 //VOLÁNÍ CYKLU//  
10 CC X+105 Y+55 //DEFINICE POZICE OTVORU//  
11 L Z+200
```



Obr.2-6 simulace operace č. 2 v systému Heidenhain iTNC 530 [17]

2.4.2. Středový otvor Ø 40 mm na čisto

TAB 2-3 Modulární fréza PRAMET [6]

Nástroj (ilustrace):	
	Číslo operace: <input type="text" value="2"/>
	Číslo nástroje: <input type="text" value="T4"/>
	Název nástroje: <input type="text" value="PRAMET 25A4R033M12 – SAD 11 E – C"/>
	Použité VBD: <input type="text" value="ADMX 11T304SR – M"/>
Upínač (ilustrace):	
	Řezná rychlost: <input type="text" value="360 m/min"/>
	Posuvová rychlost: <input type="text" value="5520 mm/min"/>
	Otáčky: <input type="text" value="4600 ot/min"/>
	Název upínače: <input type="text" value="PRAMET 69871.40AD – IHA M1250"/>

Pomocné výpočty:

TAB.2-4 Pomocné výpočty

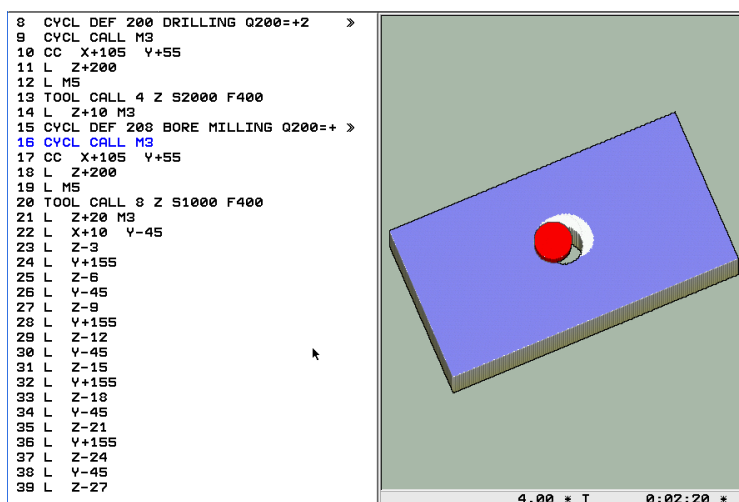
$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot z \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 360 / \pi \cdot 25$	$V_f = 0,3 \cdot 4 \cdot 4150$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 4600 \text{ ot/min}$</u>	<u>$V_f = 5520 \text{ mm/min}$</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na zub

Tato operace se provede modulární devadesátistupňovou frézou, tzv. do rohu, s VBD. Pro tento typ nástrojů je nutné použít upínací trn pro modulární systémy. Rozměr nemá předepsány žádné nároky na drsnost povrchu a je tedy možnost upravit řezné podmínky téměř pro hrubovací operace. Při této operaci je nezbytné nastavit v tabulce nástrojů maximálně

možný úhel zanořování nástroje. Za příliš velkého přísuvu hrozí nebezpečí poškození nástroje i obrobku. Vhodně předdefinovaný cyklus vyvolaný softklávesou je cyklus 208 VRTACÍ FRÉZOVÁNÍ [9]. Za povšimnutí stojí zejména parametr Q342 toho cyklu, do kterého se vypisuje hodnota předvrtaného otvoru. Právě z důvodu již předvrtaného otvoru se tento cyklus skvěle hodí pro tento případ. Opět je nutné definování pozice středu frézovaného otvoru. Kolem tohoto bodu nástroj provádí kruhový pohyb o požadovaném poloměru s postupným zanořováním nástroje.

Část programu s cyklem VRTACÍ FRÉZOVÁNÍ:



```
15 CYCL DEF 208 BORE MILLING ~ //VRTACÍ FRÉZOVÁNÍ//  
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~ //BEZPEČNÁ VZDÁLENOST//  
    Q201=-58     ;DEPTH ~ //HLOUBKA//  
    Q206=+150   ;FEED RATE FOR PLNGNG ~ //POSUV PŘÍSUVU DO HLOUBKY//  
    Q334=+2     ;PLUNGING DEPTH ~ //HLOUBKA PŘÍSUVU//  
    Q203=+0     ;SURFACE COORDINATE ~ //SOUŘADNICE POVRCHU//  
    Q204=+50    ;2ND SET-UP CLEARANCE ~ //DRUHÁ BEZPEČNÁ VZDÁLENOST//  
    Q335=+40    ;NOMINAL DIAMETER ~ //CÍLOVÝ PRŮMĚR//  
    Q342=+25    ;ROUGHING DIAMETER ~ //ZADANÝ PRŮMĚR//  
    Q351=+1     ;CLIMB OR UP-CUT //ZPŮSOB FRÉZOVÁNÍ//  
16 CYCL CALL M3 //VOLÁNÍ CYKLU//  
17 CC X+105 Y+55 //DEFINOVÁNÍ POZICE STŘEDU OTVORU//  
18 L Z+200
```



Obr.2-7 Simulace operace č.3 v systému Heidenhain iTNC 530 [18]

2.4.3. Obrobení stran

TAB 2-5 Rovinná fréza nástrčná PRAMET [6]

Nástroj (ilustrace):		Číslo operace: <input type="text" value="3"/>
		Číslo nástroje: <input type="text" value="T8"/>
Upínač (ilustrace):		Název nástroje: <input type="text" value="PRAMET 80A07R - S90AD16E - C"/>
		Použité VBD: <input type="text" value="ADMX 160616SR - M"/>
		Řezná rychlost: <input type="text" value="300 m/min"/>
		Posuvová rychlost: <input type="text" value="2170 mm/min"/>
		Otáčky: <input type="text" value="1230 ot/min"/>
		Název upínače: <input type="text" value="PRAMET TYP B 69871AD FMH1 2744"/>

Pomocné výpočty:

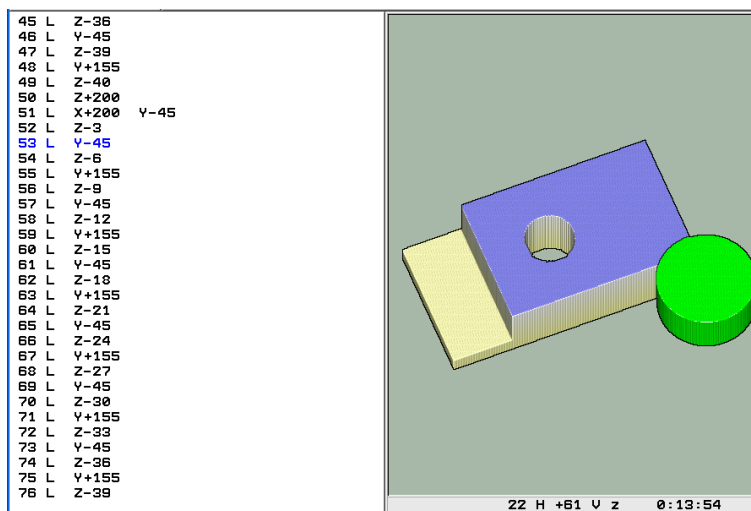
TAB.2-6 Pomocné výpočty

$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot z \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 300 / \pi \cdot 80$	$V_f = 0,25 \cdot 7 \cdot 1230$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 1230 \text{ ot/min}$</u>	<u>$V_f = 2170 \text{ mm/min}$</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na zub

Jedná se o jednu z největší operací z hlediska množství odebraného materiálu. Materiál bude odebírán sousledným i nesousledným frézováním a postupným přísuvem o hloubce 3 mm.

Přísuv bude provedený mimo materiál, proto je možné dovolit použití větší rychlosti posuvu. Pro tuto operaci je zvolena 90-ti stupňová nástrčná rovinná fréza o průměru 80 mm. Pro druh obráběného materiálu jsou vhodně zvoleny VBD. Dle tabulkových hodnot pro VBD a průměru nástroje jsou určeny řezné podmínky. Pomocí níže uvedených vztahů jsou dopočítány hodnoty řezných podmínek, které nejsou v tabulkách stanoveny a je nutné je uvádět do NC programu.



Pro tuto operaci není v dílenském programování zvolen žádný cyklus. Tato operace by se však dala napsat jako podprogram volaný do hlavního programu pomocí funkce PGM CALL [9] (volání programu). V našem případě je tato část zakomponována přímo do hlavního programu od bloku č. 20 do bloku č.80 NC programu (viz příloha č.4). Pohyb nástroje je programován příkazy Line [9] (přímka) v jednotlivých blocích. Přísuvy jsou prováděny v ose Z.



Obr.2-8 Simulace operace č.4 v systému Heidenhain iTNC 530 [19]

2.4.4. Zhotovení postranních drážek 17x10 mm

TAB. 2-7 Univerzální fréza monolitní dlouhá PRAMET [6]

<p>Nástroj (ilustrace):</p> 		<p>Číslo operace: <input type="text" value="4"/></p>
		<p>Číslo nástroje: <input type="text" value="T6"/></p>
		<p>Název nástroje: <input type="text" value="PRAMET 14E4S125 – 57A14 KUVA"/></p>
		<p>Použité VBD: <input type="text"/></p>
<p>Upínač (ilustrace):</p> 		<p>Řezná rychlost: <input type="text" value="140 m/min"/></p>
		<p>Posuvová rychlost: <input type="text" value="200 mm/min"/></p>
		<p>Otáčky: <input type="text" value="800 ot/min"/></p>
		<p>Název upínače: <input type="text" value="PRAMET 69871.40ADB – CC2 32120"/></p>

Pomocné výpočty:

TAB.2-8 Pomocné výpočty

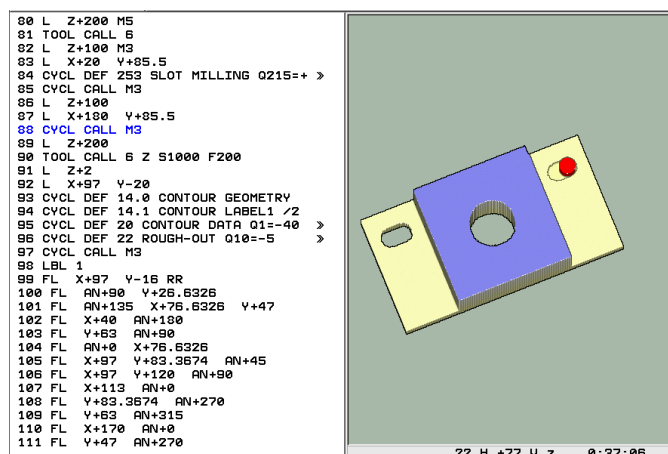
$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot z \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 140 / \pi \cdot 14$	$V_f = 0,065 \cdot 4 \cdot 800$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 800 \text{ ot/min}$</u>	<u>$V_f = 200 \text{ mm/min}$</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na zub

Jelikož šířka drážky se rozchází jen o 1 mm od drážek ve vnitřním vybrání součásti, použijeme pro tuto a následující operaci stejný nástroj. Ušetříme tak čas nutný k výměně nástroje. Fréza je vyrobena ze slinutých karbidů, a tedy i jako monolit je schopný pracovat v

těžších řezných podmínkách, oproti obyčejným klasickým monolitním nástrojům. V programu před samotným voláním cyklů (bloky č.85 a č.88) je zapotřebí zadat, pomocí dráhové funkce LINE (přímka), startovní pozici pro nástroj. Tento startovní bod je jedním z bodů drážky. Dráha nástroje je dále definována přímo v cyklu parametrem Q218. Tento parametr se definuje jako celá délka drážky, nikoliv jako vzdálenost od středů kruhů drážky. Strategii zapichování definujeme parametrem Q366, přitom se však musí dbát zvýšené opatrnosti a maximální úhel zanořování zanést do tabulky nástrojů. Nástroj tedy koná dráhu od středu jednoho kruhu drážky (startovní bod) do hloubky o hodnotě jednoho přísuvu. Drážka je vyhrubována zevnitř směrem ven s ohledem na přídavek na stěnách drážky pro obrábění na čisto(parametr Q368). Tento přídavek vzhledem na požadavky dle technické dokumentace není nutný, avšak zde bude proveden o síle 0,2 mm na stěnu.

Část programu s použitím cyklu FRÉZOVÁNÍ DRÁŽEK:

```
83 L X+20 Y+85.5 //NAJETÍ NA POZICI 1. DRÁŽKY//
84 CYCL DEF 253 SLOT MILLING ~ //FRÉZOVÁNÍ DRÁŽEK//
    Q215=+0 ;MACHINING OPERATION ~ //ROZSAH OBRÁBĚNÍ//
    Q218=+27 ;SLOT LENGTH ~ //DÉLKA DRÁŽKY//
    Q219=+17 ;SLOT WIDTH ~ //ŠÍŘKA DRÁŽKY//
    Q368=+0.2 ;ALLOWANCE FOR SIDE ~ //PŘÍDAVEK PRO STRANU//
    Q374=+0 ;ANGLE OF ROTATION ~ //POLOHA NATOČENÍ//
    Q367=+2 ;SLOT POSITION ~ //POLOHA DRÁŽKY//
    Q207=+500 ;FEED RATE FOR MILLNG ~ //POSUV FRÉZOVÁNÍ//
    Q351=+1 ;CLIMB OR UP-CUT ~ //DRUH FRÉZOVÁNÍ//
    Q201=-15.5 ;DEPTH ~ //HLOUBKA//
    Q202=+1 ;PLUNGING DEPTH ~ //HLOUBKA PŘÍSUVU//
    Q369=+0 ;ALLOWANCE FOR FLOOR ~ //PŘÍDAVEK NA DNO//
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~ //POSUV PŘÍSUVU DO HLOUBKY//
    Q338=+0 ;INFEEED FOR FINISHING ~ //PŘÍSUOV OBRÁBĚNÍ NAČISTO//
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~ //BEZPEČNOSTNÍ VZDÁLENOST//
    Q203=-40 ;SURFACE COORDINATE ~ //SOUŘADNICE POVRCHU//
    Q204=+2 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~ //DRUHÁ BEZPEČ. VZDÁLENOST//
    Q366=+2 ;PLUNGE ~ //ZANOŘOVÁNÍ//
    Q385=+500 ;FINISHING FEED RATE //POSUV OBRÁBĚNÍ NAČISTO//
85 CYCL CALL M3 //VOLÁNÍ CYKLU//
86 L Z+100
87 L X+180 Y+85.5 //NAJETÍ NA POZICI 2.DRÁŽKY//
88 CYCL CALL M3 //VOLÁNÍ CYKLU//
```



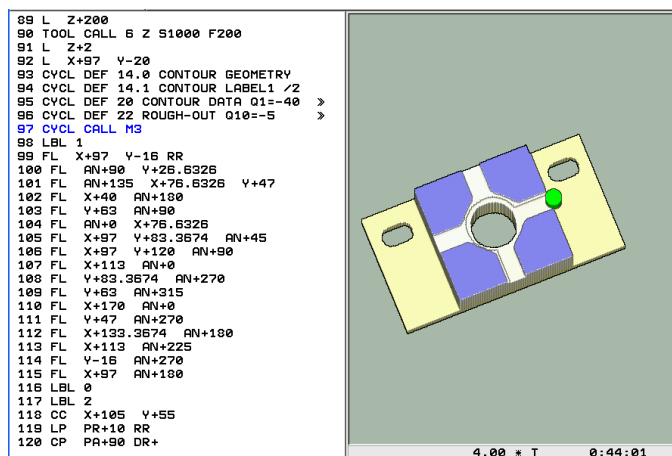
Obr.2-9 Simulace operace č.5 v systému Heidenhain iTNC 530 [20]

2.4.5. Vybrání čtvercové kapsy s drážkami 16 mm

Jak už bylo řečeno pro tuto operaci použijeme stejný nástroj jako v předcházející operaci. Definování cyklu bude stejné jak u tříosého tak 5-tiosého stroje. Cyklus bude řešen pomocí SL cyklů [9], které mohou skládat složité obrysy z jednotlivých elementárních obrysů. Tyto elementární dílčí obrysy vytváříme jako podprogramy (LABEL). Použité podprogramy jsou uvedeny v bloku č.94 definováním cyklu 14.1. V bloku č.95 jsou pak zapsány všechny parametry celého složeného obrysu. Konkrétně se tedy bude obrábět mezi obrysy podprogramů LBL1 a LBL2. Jaká strategie obrábění je zvolena uvádí blok č.96. Parametr Q18 strategie obrábění se nechán roven nule, protože nebude použit žádný předhrubovací nástroj. Opět ponecháme přídavek stěn (Q3) roven 0,2 mm pro začištění stop nástroje a dno obrysu začišťovat nebudeme (Q4). Při dokončování stran je nástroj veden k obrysu po tangenciální kruhové dráze. I přes toto dokončování, je vyžadována, dle výkresové dokumentace, tolerance rozměru pouze $\pm 0,1$ mm. Proto budeme volit cyklus 22 HRUBOVÁNÍ [9]. Cyklus 23 (DOKONČENÍ DNA) [9] ani cyklus 24 (DOKONČENÍ STĚNY) [9] není nutné zařazovat. Podprogramy jsou umístěny v programu až jako poslední (tedy až po jejich volání - činnosti). Každý podprogram, v tomto případě jsou použity dva podprogramy (LBL1 a LBL2), musejí být bezpodmínečně vždy ukončeny blokem LBL0. V podprogramu LBL1 je popsán vnější obrys. Ve vnějším obrysu jsou tedy spojeny čtvercová kapsa pootočená o 45° spolu s drážkami o šířce 16 mm. V podprogramu LBL2 je definován jako obrys středový otvor (půměr 40 mm), který byl již obroben. Bez definice obrysu LBL2 by operace nebyla natolik produktivní, protože zde by nástroj pracoval „naprázdno“. Obráběný prostor jak již bylo řečeno se nachází mezi těmito dvěma konturami, respektive mezi dvěma obrysy. Obrys podprogramu LBL1 nadefinujeme funkcemi „FK“ [9], tzv. volným programováním, které umožňuje dopočítávání obrysů. Tyto funkce se vyvolají tlačítkem „FK“ přímo na pilotní desce a používají se tehdy, kdy okótování výkresu je neúplné pro NC program. Dále se vyberou v tomto modulu volného programování dílčí části obrysu a jejich parametry pomocí softkláves.

Část programu s použitím SL cyklů a podprogramy LBL1 a LBL2:

```
93 CYCL DEF 14.0 CONTOUR GEOMETRY
94 CYCL DEF 14.1 CONTOUR LABEL1 /2 ~ //PODPROGRAMY OBRYSŮ//
95 CYCL DEF 20 CONTOUR DATA ~ //OBRYSOVÁ DATA//
    Q1=-40 ;MILLING DEPTH ~ //HLOUBKA FRÉZOVÁNÍ//
    Q2=+1 ;TOOL PATH OVERLAP ~ //PŘEKRÝVÁNÍ DRAH//
    Q3=+0.2 ;ALLOWANCE FOR SIDE ~ //PŘÍDAVEK DO STRANY//
    Q4=+0 ;ALLOWANCE FOR FLOOR ~ //PŘÍDAVEK DO HLOUBKY//
    Q5=+0 ;SURFACE COORDINATE ~ // SOUŘADNICE POVRCHU//
    Q6=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~ //BEZPEČNOSTNÍ VZDÁLENOST//
    Q7=+50 ;CLEARANCE HEIGHT ~ //BEZPEČNÁ VÝŠKA//
    Q8=+2 ;ROUNDING RADIUS ~ //RÁDIUS ZAOLENÍ//
    Q9=+1 ;ROTATIONAL DIRECTION //SMYSL OTÁČENÍ//
96 CYCL DEF 22 ROUGH-OUT ~ //HRUBOVÁNÍ//
    Q10=+2 ;PLUNGING DEPTH ~ //HLOUBKA PŘÍSUUVU//
    Q11=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~ //POSUV PŘÍSUUVU DO HLOUBKY//
    Q12=+500 ;FEED RATE F. ROUGHNG ~ //POSUV HRUBOVÁNÍ//
    Q18=+0 ;COARSE ROUGHING TOOL ~ //NÁSTROJ PŘEDHRUBOVÁNÍ//
    Q19=+0 ;FEED RATE FOR RECIP. ~ //KÝVAVÝ POSUV//
    Q208=+99999 ;RETRACTION FEED RATE ~ //POSUV ZPĚT//
    Q401=+100 ;FEED RATE FACTOR ~
    Q404=+0 ;FINE ROUGH STRATEGY
97 CYCL CALL M3
98 LBL 1 //PODPROGRAM LBL1(NÁVĚŠTÍ LABEL)//
99 FL X+97 Y-16 RR //VOLNÉ PROGRAMOVÁNÍ FUNKCE FK//
100 FL AN+90 Y+26.6326
.
.
.
116 LBL 0 //UKONČENÍ PODPROGRAMU LBL1//
117 LBL 2 //PODPROGRAM LBL1(NÁVĚŠTÍ LABEL)//
118 CC X+105 Y+55
.
.
.
122 LBL 0 //UKONČENÍ PODPROGRAMU LBL2//
```



Obr.2-10 Simulace operace č.6 v systému Heidenhain iTNC 530 [21]

2.4.6. Sražení hran 5x45° čtvercové kapsy

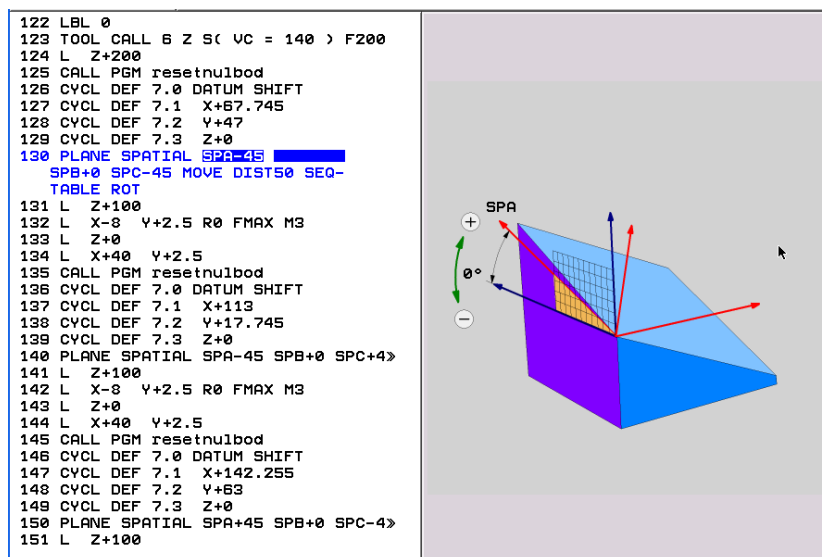
S výhodou využijeme možnosti naklopení a otočení stolu stroje a obrábět budeme stejným nástrojem jako v předchozích dvou operacích. Navíc u nástroje se nemusí snižovat řezné podmínky a nástroj skvěle obstojí i v kvalitě obrobené plochy. Při programování je třeba správně nastavit pootočení a naklopení stolu kolem určeného bodu. Proto je nezbytné posunutí nulového bodu, okolo kterého budeme otáčet a naklápět osy souřadného systému. K posunutí nulového bodu je použito cyklu 7 NULOVÝ BOD [9] (blok č.126). V blocích 127,127 a 129 jsou postupně definovány posunutí nulového bodu vždy v jedné ose. Pro správný průběh procesu vždy, než se posunuje nulový bod na jinou pozici, vrátíme nulový bod do „nulové“ polohy. Přes tuto polohu vždy měníme polohu nulového bodu. K tomuto kroku je vytvořen podprogram RESETNULBOD (příloha č.5), který je volán na části programu v bloku č.125. Tento podprogram zajistí opětovné nastavení nulového bodu. Z důvodu použitého způsobu naklopení je v podprogramu (blok č.8) zrušení funkce PLANE [9], která rovinu obrábění naklápí. Použitím tohoto podprogramu se docílí zároveň i přehledného výsledného NC programu. Dále je tedy nutné provést toto naklopení roviny obrábění.

Podprogram RESETNULBOD:

```
0 BEGIN PGM resetnulbod MM // PODPROGRAM PRO NASTAVENÍ NULOVÉHO BODU//
1 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT //CYKLUS PRO DEFINICI NULOVÉHO BODU//
2 CYCL DEF 7.1 X+0
3 CYCL DEF 7.2 Y+0
4 CYCL DEF 7.3 Z+0
5 CYCL DEF 7.4 A+0
6 CYCL DEF 7.5 B+0
7 CYCL DEF 7.6 C+0
8 PLANE RESET STAY //ZRUŠENÍ FCE PLANE//
9 L Z+200 FMAX
10 END PGM resetnulbod MM
```

V DIALOGu máme několik možností jak tyto operace provádět. Lze jich samozřejmě uplatnit pouze na víceosých strojích, které jejich kinematické prvky toto umožní. První možností je použití cyklu 19 ROVINA OBRÁBĚNÍ [9] a cyklu 10 NATOČENÍ [9]. Druhou je definování jednotlivých nulových bodů v prostoru pomocí PRESET tabulky [9]. Poslední a zároveň aplikovanou možností je naklopení roviny obrábění funkcí PLANE. Funkci PLANE lze použít jen u strojů, které mají nejméně dvě naklápěcí osy, tzn. stůl a hlavu. Lištu softkláves se speciálními funkcemi zobrazíme pomocí tlačítka „SPEC FCT“ [9] na pilotní desce. Po zobrazení první lišty je zvolena softklávesa SPECIÁLNÍ TNC FUNCE [9] a dále softklávesa SKLOPENÍ ROVINY OBRÁBĚNÍ (PLANE) [9]. Tato funkce je schopna naklopit rovinu obrábění šesti různými způsoby. Nejlepším řešením se stává funkce PLANE

SPATIAL [9]. Ta je určena třemi prostorovými úhly (SPA, SPB, SPC) [9]. Obrázek 2-11 znázorňuje zadávání těchto prostorových úhlů.



Obr.2-11 Definování prostorových úhlů (PLANE SPATIAL)

Natočení kolem osy X aproximuje SPA, SPB natočení kolem osy Y a SPC natočení kolem osy Z. Pořadí natočení těchto os je pevně nastaveno. Nejprve se provede natočení kolem osy X, potom kolem osy Y a naposledy kolem osy Z. V níže okomentované části programu, jsou konkrétní hodnoty těchto natočení (blok č.130). V tomto případě natáčíme rovinu obrábění pouze okolo osy X a Z. Při zadávání hodnot úhlů natočení vždy se definují vždy všechny tři parametry. Proto je u SPB hodnota 0 nepsaná přebytečně.

Dalším nutným údajem je automatické natočení rotačních os, kterým určíme jakým pohybem se tyto osy nastaví na vypočtené hodnoty. To určíme jedním ze tří softkláves:

MOVE [9] – automatické natočení rotačních os, poloha nástroje a obrobku se nemění, vyrovnávací pohyb je proveden v lineárních osách.

TURN [9] – rotační osy se naklopí až v dalším bloku

STAY [9] – opět automatické natočení jako u funkce MOVE, vyrovnávací pohyb se však neprovede

Z důvodu toho, že v přítomném NC programu je použito pro naklopení parametr MOVE, je třeba definovat ještě vzdálenost středu otáčení od špičky nástroje DIST [9] a posuv F [9] jakým se naklopení provede.

Nabízí se další parametr funkce PLANE SPATIAL a tou je SEQ +/- [9]. Tou je vybráno jedno z alternativních možností naklápění. SEQ funguje jako přepínač. Při zadání kladné znaménkové konvence zaujme hlavní osa polohu v kladném úhlu, při záporné konvenci

zaujme hlavní osa polohu v záporném úhlu. Tento parametr je vhodné upravit při samotném procesu přímo na stroji.

5-tiosý stroj DMU DMG 65 MonoBlock, je vybaven kulatým otočným stolem, pro který je k dispozici poslední parametr funkce pro naklopení roviny a tím je výběr způsobu transformace, resp. druh transformace. V liště softkláves je na výběr ze dvou možností:

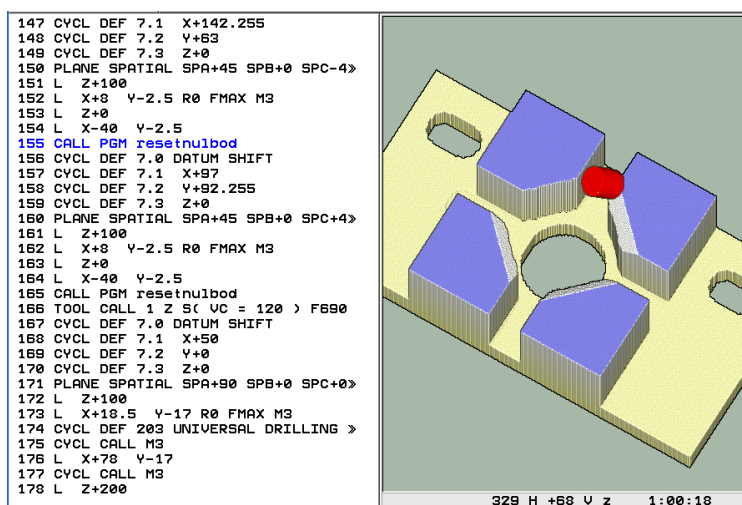
COORD ROT [9] – natočí se souřadný systém o úhel naklopení, avšak otočný stůl se nepohne a kompenzace natočení se provede výpočetně.

TABLE ROT [9] – napoložuje se otočný stůl na úhel natočení a kompenzace se provede natočením obrobku.

V NC programu pod tímto textem (blok č.130) je zřejmé použití druh transformace TABLE ROT. Na obr.2.4.6.2. je znázorněna simulace této operace při naklopené rovině obrábění s použitými parametry funkce PLANE SPATIAL.

Část programu s funkcí natočení souřadného systému PLANE:

```
125 CALL PGM resetnulbod //VOLÁNÍ VYTVOŘENÉHO PODPROGRAMU//
126 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT //DEFINOVÁNÍ NULOVÉHO BODU//
127 CYCL DEF 7.1 X+67.745
128 CYCL DEF 7.2 Y+47
129 CYCL DEF 7.3 Z+0
130 PLANE SPATIAL SPA-45 SPB+0 SPC-45 MOVE DIST50 SEQ- TABLE ROT
//DEFINICE NATOČENÍ SOUŘADNÉHO SYSTÉMU//
131 L Z+100
132 L X-8 Y+2.5 R0 FMAX M3 //DEFINICE DRÁHY NÁSTROJE//
133 L Z+0
134 L X+40 Y+2.5
```



Obr.2-12 Simulace operace č.7 v systému Heidenhain iTNC 530 [23]

2.4.7. Operace pro výrobu otvorů M6 a 12H7 po obvodě součásti

Celý proces následujících operací bude řešen pomocí sklopení roviny obrábění funkcí PLANE SPATIAL jako v předcházející kapitole s použitím totožného podprogramu pro přenastavení nulového bodu. Nejdříve se sklopí a natočí stůl stroje do požadované polohy a vzápětí se provedou všechny operace pro výrobu otvorů M6 a 12H7. Po celém tomto cyklu se spustí podprogram RESETNULBOD a stůl se opět transformuje do další polohy kde se opět bude cyklus operací opakovat. Proces operací na otvory po obvodě součásti se uskuteční celkem čtyřikrát. Tím bude součást hotova.



Po vyvrtání otvorů, je nutné před každou započatou operací zastavit stroj a otevřít bezpečnostní krytování stroje k vyčištění těchto otvorů tlakovým vzduchem. Tuto činnost provede obsluha stroje a vede ke snížení rizika zahlcení nástroje třískami, které v otvorech zůstanou po předchozí operaci. V případě neuskutečnění tohoto kroku může dojít k destrukci nástroje či poškození obrobku.

Je možné, že závit M6 nebude dostatečně proříznutý a jeho funkčnost tím bude omezena. Není vhodné podstupovat riziko možné destrukce nástroje jeho hlubším ponorem. Proto po obrobení součásti, bude každá součást vizuálně zkontrolována a popřípadě ručně doříznuty neprůchozí závity, před tím než výrobky podstoupí výstupní kontrolu.

Z důvodu velkého množství dat NC programu pro výrobu těchto otvorů nebude prezentován zvlášť každý cyklus použitý pro jednotlivé operace. Uveden bude jen název použitého cyklu a jeho umístění v NC programu (číslo bloku), který je součástí přílohy. Čísla bloků se týkají jen operací při prvním naklopení obráběné roviny. Dále se v NC programu, jak již bylo řečeno, budou jen opakovat.

Prvními operacemi v cyklu výroby otvorů je jejich navrtání. To je nutné pro dobré vedení vrtáku a přesnou výrobu rozteče otvorů. Pro výrobu je zvolen monolitní navrtávací vrták s úhlem ostří 120°. K realizaci je definován cyklus 203 UNIVERZÁLNÍ VRTÁNÍ [9] (blok č.174). Cyklus je volán celkem dvakrát. Před jeho voláním je vždy určena pozice v souřadném systému, kde se daný cyklus provede, pomocí funkce LINE (blok č.173 a blok č.176). určení pozice uvádíme i v ostatní následujících cyklech. Možné by bylo i použití cyklu 240 VYSTŘEDĚNÍ [9], však vzhledem ke středění nástroje na hloubku, je použití těchto cyklů zcela totožné.

TAB.2-9 Monolitní navrtávací vrták 120° PRAMET [6]

<p>Nástroj (ilustrace):</p> 		<p>Číslo operace: <input type="text" value="8,9"/></p> <p>Číslo nástroje: <input type="text" value="T1"/></p> <p>Název nástroje: <input type="text" value="PRAMET 301CS – 10,0 -70 – P120A10"/></p> <p>Použité VBD: <input type="text"/></p>
<p>Upínač (ilustrace):</p> 		<p>Řezná rychlost: <input type="text" value="120 m/min"/></p> <p>Posuvová rychlost: <input type="text" value="690 mm/min"/></p> <p>Otáčky: <input type="text" value="3820 ot/min"/></p> <p>Název upínače: <input type="text" value="PRAMET 69871.40ADB – CC2 32120"/></p>

Pomocné výpočty:



TAB.2-10 Pomocné výpočty

$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 120 / \pi \cdot 10$	$V_f = 0,18 \cdot 3820$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 3820 \text{ ot/min}$</u>	<u>$V_f = 690 \text{ mm/min}$</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na otáčku

Následuje vyvrtání otvoru pro závit M6, čemuž odpovídá zhotovení otvoru o průměru 5 mm. Hloubka vrтанého otvoru je 20 mm. Určilo se tak z důvodu toho, že tento otvor, jak je patrné z výkresové dokumentace, je průchozí do otvoru 12H7 z druhé – kolmé strany. Otvor 12H7 je situován ve vzdálenosti 18,5 mm od společné hrany těchto dvou kolmých stran. Můžeme si

tedy dovolit parametr hloubky zvětšit o 1,5 mm. Tím bude schopnost, v následující operaci řezání závitu, zvětšit i hloubku řezaného závitu. Aplikujeme zde i v nadcházející operaci stejný cyklus jako v operaci č.8 a 9. Konkrétní hodnoty cyklu jsou v bloku č.181.

TAB. 2-11 Monolitní vrták PRAMET Ø 5 mm [6]

Nástroj (ilustrace):		Číslo operace: <input type="text" value="10"/>
		Číslo nástroje: <input type="text" value="T3"/>
		Název nástroje: <input type="text" value="PRAMET 303DA - 5,0 - 20 - A06"/>
		Použité VBD: <input type="text"/>
Upínač (ilustrace):		Řezná rychlost: <input type="text" value="150 m/min"/>
		Posuvová rychlost: <input type="text" value="1330 mm/min"/>
		Otáčky: <input type="text" value="9500 ot/min"/>
		Název upínače: <input type="text" value="PRAMET 69871. 40ADB - CC2 32120"/>

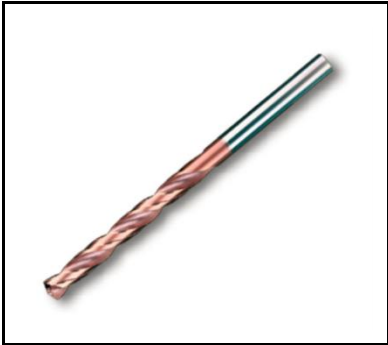

Pomocné výpočty:

TAB.2-12 Pomocné výpočty

$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 150 / \pi \cdot 5$	$V_f = 0,14 \cdot 9500$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 9500 \text{ ot/min}$</u>	<u>$V_f = 1330 \text{ mm/min}$</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na otáčku

Po proběhnutí výměny nástroje se zhotoví otvor $\varnothing 12H7$ pro další operace vrtákem o průměru 11,5 mm. Vzhledem ke hloubce tohoto otvoru je zvolen vrták s pracovní délkou 8D. Přihlíženo je samozřejmě i k tomu, že tento otvor je jedenkrát přerušen drážkou o šířce 16 mm či dalšími otvory po obvodu součásti, jak dokládá výkresová část. Z důvodu toho, že otvor bude ve výsledku průchozí, bude hloubka opět nepatrně větší než 91,5 mm.

TAB. 2-13 Monolitní vrták PRAMET $\varnothing 11,5$ mm [6]

Nástroj (ilustrace):		Číslo operace:	<input type="text" value="11"/>
		Číslo nástroje:	<input type="text" value="T2"/>
		Název nástroje:	<input type="text" value="PRAMET 308FA - 11,5 - 96 - A12"/>
		Použité VBD:	<input type="text"/>
Upínač (ilustrace):		Řezná rychlost:	<input type="text" value="150 m/min"/>
		Posuvová rychlost:	<input type="text" value="830 mm/min"/>
		Otáčky:	<input type="text" value="4150 ot/min"/>
		Název upínače:	<input type="text" value="PRAMET 69871.40ADB - CC2 32120"/>


Pomocné výpočty:

TAB.2-14 Pomocné výpočty

$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot n$	D - \varnothing frézy v mm
$n = 1000 \cdot 150 / \pi \cdot 11,5$	$V_f = 0,2 \cdot 4150$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 4150$ ot/min</u>	<u>$V_f = 830$ mm/min</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na otáčku

Dále se pokračuje v obrábění otvoru 12H7 výhružníkem z HSS oceli o průměru 11,75 mm. Z důvodu možné destrukce nástroje, ponecháváme hloubku 91mm. To postačí pro funkčnost otvoru následným dokončením výstružníkem 12H7. Jelikož pro tuto operaci nemá editor dílenského programování zaveden žádný cyklus, použijeme pro ni cyklus 201 VYSTRUŽOVÁNÍ [9] (blok č.193)

TAB. 2-15 Výhružník s válcovou stopkou STIMZET Ø 11,75 mm HSS [8]

<p>Upínač (ilustrace):</p> 	Číslo operace:	<input type="text" value="12"/>
	Číslo nástroje:	<input type="text" value="T10"/>
	Název nástroje:	<input type="text" value="STIMZET ČSN 221480 – DIN 338 RN"/>
	Použité VBD:	<input type="text"/>
	Řezná rychlost:	<input type="text" value="25 m/min"/>
	Posuvová rychlost:	<input type="text" value="185 mm/min"/>
	Otáčky:	<input type="text" value="750 ot/min"/>
Název upínače:	<input type="text" value="PRAMET 69871. 40ADB – CC2 32120"/>	



Pomocné výpočty:

TAB.2-16 Pomocné výpočty

$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 25 / \pi \cdot 11,75$	$V_f = 0,25 \cdot 750$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 750 \text{ ot/min}$</u>	<u>$V_f = 185 \text{ mm/min}$</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na otáčku

Nedílnou součástí procesu operací je zahlobení otvorů , v tomto případě provedeným navrtávacím vrtákem s úhlem ostří 90°.

TAB. 2-17 Navrtávací vrták PRAMET 90° [6]

<p>Nástroj (ilustrace):</p> 		<p>Číslo operace: <input type="text" value="13,14"/></p>
		<p>Číslo nástroje: <input type="text" value="T7"/></p>
		<p>Název nástroje: <input type="text" value="PRAMET 301CS - 16,0 - 90 - P90A16"/></p>
		<p>Použité VBD: <input type="text"/></p>
<p>Upínač (ilustrace):</p> 		<p>Řezná rychlost: <input type="text" value="120 m/min"/></p>
		<p>Posuvová rychlost: <input type="text" value="640 mm/min"/></p>
		<p>Otáčky: <input type="text" value="2380 ot/min"/></p>
		<p>Název upínače: <input type="text" value="PRAMET 69871.40ADB - CC2 32120"/></p>

Pomocné výpočty:

TAB.2-18 Pomocné výpočty


$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 120 / \pi \cdot 16$	$V_f = 0,27 \cdot 2380$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 2380 \text{ ot/min}$</u>	<u>$V_f = 640 \text{ mm/min}$</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na otáčku

Ta musejí být realizovány ještě před tím, než se vyřízne závit či vystruží otvor. To proto, že při provedení zahlobení hrany u otvoru 12H7 až po jeho vystružení hrozí vlivem částečné

plastické deformace „vmáčknutí“ materiálu směrem do díry. Dobrá strana kalibru tím pádem nepůjde vsunout do otvoru a součást pak neuspěje u výstupní kontroly. U otvoru M6 by hrozila částečná deformace šroubovice závitů tím samým vlivem. Cyklus určený pro operace tohoto typu je cyklus 240 VYSTŘEDĚNÍ (blok č.198).

Po zahlobení je možno přistoupit k dokončení otvoru výstružníkem 12H7. Opět se s opatrností volí hloubka vystružování. Přítomnost třísek značně ovlivňuje kvalitu textury povrchu. Proto je velice důležitý stálý přívod chladicího média pro dobrý odvod třísek. Aplikuje se cyklus 201 VYSTRUŽENÍ [9], pro který se nadefinují hodnoty (blok č.207).

TAB.2-19 Výstružník s válcovou stopkou Ø 12H7 Guhring VHM HR 500 [7]

<p>Upínač (ilustrace):</p> 	Číslo operace:	15
	Číslo nástroje:	T11
	Název nástroje:	GUHRING VHM HR 500
	Použité VBD:	
	Řezná rychlost:	18 m/min
	Posuvová rychlost:	105 mm/min
	Otáčky:	420 ot/min
	Název upínače:	PRAMET 69871. 40ADB – CC2 32120


Pomocné výpočty:

TAB.2-20 Pomocné výpočty

$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 18 / \pi \cdot 12$	$V_f = 0,25 \cdot 420$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 420$ ot/min</u>	<u>$V_f = 105$ mm/min</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na otáčku

Poslední operací je řezání závitu M6. V NC programu se zadává pouze řezná rychlost, posuv si řídicí systém dopočítává sám. Dílenské programování Heidenhain je vybaveno cyklem 207 VRTÁNÍ ZÁVITU [9], kterého se zde využije. Nejdůležitější je správné zadání hodnoty v parametru Q239. Kladná hodnota tohoto parametru říká, že se jedná o pravotočivý závit, při záporné hodnotě o levotočivý.

TAB.2-21 Závitník M6 monolitní GUHRING [7]

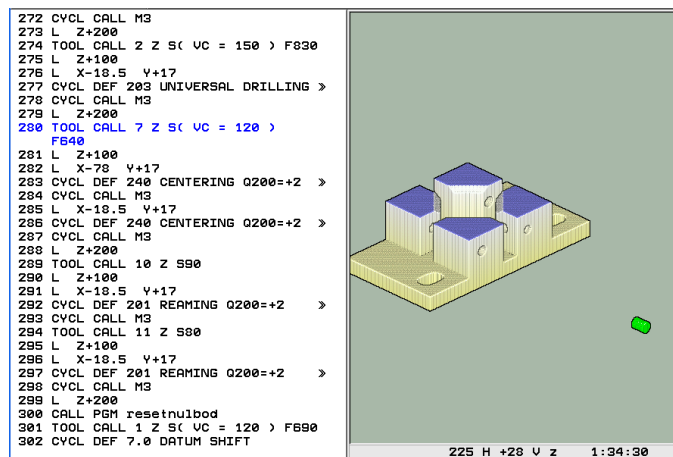
<p>Upínač (ilustrace):</p> 	Číslo operace:	<input type="text" value="16"/>
	Číslo nástroje:	<input type="text" value="T12"/>
	Název nástroje:	<input type="text" value="GUHRING MONOLIT TK DIN - 2184 - 1"/>
	Použité VBD:	<input type="text"/>
	Řezná rychlost:	<input type="text" value="15 m/min"/>
	Posuvová rychlost:	<input type="text" value="790 mm/min"/>
	Otáčky:	<input type="text" value="790 ot/min"/>
Název upínače:	<input type="text" value="PRAMET 69871. 40ADB - CC2 32120"/>	

Pomocné výpočty:

TAB.2-22 Pomocné výpočty

$n = 1000 v_c / \pi D$	$V_f = f \cdot n$	D - ø frézy v mm
$n = 1000 \cdot 15 / \pi \cdot 6$	$V_f = 1 \cdot 790$	v_c - řezná rychlost v m/min
<u>$n = 790$ ot/min</u>	<u>$V_f = 790$ mm/min</u>	n - otáčky nástroje za minutu
		V_f - posuvová rychlost
		f - posuv na otáčku

Operace této kapitoly jsou programovány od bloku č.165 až po blok č.366. Tvoří tedy velkou část NC programu. Jako ilustrativní prvek je uveden pouze obrázek ze simulace jedné z operací v nakloněné rovině obrábění transformací pomocí funkce PLANE.



Obr.2-13 Simulace operace č.8-16 v systému Heidenhain iTNC 530 [24]

3. Technické zhodnocení navržených opatření

Navržená opatření, která byla uskutečněna za účelem racionalizace procesu obrábění na NC stroji, se projevila v operacích č.6 až č.16. Ostatní operace jsou totožné na obou strojích nezávisle na počtu jejich řízených os. V bodech této kapitoly jsou technicky zhodnoceny operace, provedené na obou strojích. Výrobní postup výroby součásti pro tříosé frézovací centrum MAS MCV 1000 Quick je k nahlédnutí v příloze č.1.

3.1. Racionalizace z hlediska úspory počtu nástrojů

Tato racionalizace je provedena v operaci č.6. V případě tříosého stroje by tato operace musela být řešena jednoduchými dráhovými pohyby za použití srážecí hran či kuželové stopkové frézy s vrcholovým úhlem 45° . Vzhledem k velikosti sražení by musely být řezné podmínky natolik sníženy, aby byla zachována dobrá textura povrchu. Nehledě k tomu, že by tento proces byl komplikovaný z důvodu těžké dostupnosti v rozích čtvercové kapsy, musela by být do celého procesu ještě zařazena výměna nástroje a jeho řezné podmínky by musely být zmírněny úměrně k jejich tuhosti a správnému použití. Aby při srážení jedné hrany nenarušil sraženou hranu k ní kolmé, musel by být dostatečně tenký. Tím by nástroj ztrácel potřebnou tuhost a vyplývají z toho již řečené neprogresivní podmínky.

Mnohem produktivnější je tato operace provedena na 5-tiosém stroji. Při aplikaci funkce pro naklopení obráběcí roviny, se s výhodou použije monolitní válcové frézy jako u předchozí operace. Válcová fréza má velmi dobrou tuhost a řezné podmínky se nemusí korigovat. Potom tedy skvěle obstojí i z hlediska kvality textury obrobku. Navíc při naklopení a natočení stolu nástroj nepřekáží v rozích čtvercové kapsy a nijak nezasahuje do ostatních ploch obrobku.

Výsledkem je tedy zmenšení počtu použitých nástrojů, zkrácení strojních časů absencí výměny nástroje, a zvýšení produktivity zachováním vyšších řezných podmínek.

3.2. Racionalizace z hlediska úspory seřizovacích časů

Tato pozitivní změna procesu je sledována v operacích č. 13 a č.14. Pro zahloubení otvorů se v původním návrhu výroby používá cyklus 203 UNIVERZÁLNÍ VRTÁNÍ [9]. Obsluha při výrobě první součásti musí odladit v programu hodnotu parametru hloubky zapuštění nástroje pro správný výsledek této operace. Tato chyba je přisuzována nekvalifikovanému či řádně neproškolenému personálu.

V našem případě je zahloubení otvorů realizováno cyklem 240 VYSTŘEDĚNÍ [9]. Parametrem Q343 se navolí hodnota (0 nebo 1), která určí, zda se provede vystředění nástroje na hloubku či na průměr zahloubení. Jinak řečeno, zda je ve výsledku důležitá hodnota hloubky či průměru zahloubení otvoru. Konkrétně budeme tuto operaci řešit vystředěním na průměr. Aby řídicí systém mohl dopočítat dráhu nástroje, je nutné zadat vrcholový úhel nástroje do tabulky nástrojů. Takto je hodnota zahloubení jasně definována oproti odhadované hodnotě prováděné cyklem původní technologie.

Obsluha se dále nemusí zabývat odladěním NC programu, tj. několikanásobné spouštění cyklu 203 UNIVERZÁLNÍ VRTÁNÍ [9] a korekce hodnoty hloubky zahloubení. Tím dochází k velkému zkrácení seřizovacího času.

Další provedená úspora seřizovacích časů spočívá v absenci několikanásobného měření obrobku dotykovou sondou. Její původ je popsán v podkapitole 3.3..

3.3.Racionalizace z hlediska počtu upnutí

Jedná se o jednu z nejvíce důležitých racionalizací ovlivňující progresi produkce celé výroby. Úkon odepnutí a následného upnutí je časově náročný. Obsluha nejprve musí zastavit posuv a otáčky stroje, otevřít bezpečnostní krytování stroje, tlakovým vzduchem očistit součást a upínací prvky, odepnout součást, v případě nutnosti mechanicky odstranit vzniklé otřepy a znovu součást upnout na novou polohu. Co se týče manipulace s materiálem a časové složky výroby je tento úkon příliš náročný. Provedení upnutí součásti do nové polohy sebou nese ještě další negativní složku, která značně snižuje produktivitu a tou je seřizovací čas. Jeho hodnota se zvyšuje díky nutnému opětovnému změření součásti dotykovou sondou a založení nového nulového bodu. Při tvorbě výrobní dokumentace se tak musí pro každé upnutí vytvořit nový seřizovací list. Tedy v původní technologii se používá pět seřizovacích listů, kdežto v novém návrhu technologie pouze jeden. Na kterémkoliv tříosém stroji (tedy i na stroji MAS MCV 1000 Quick), je odepnutí a upnutí operací, kterou nejde nikterak vyloučit. Je nutný pro realizaci operací č.8 až č.16.

Racionalizace spočívá v použití funkce PLANE SPATIAL, která naklopí rovinu obrábění do správné polohy. Tuto funkci lze použít pouze na víceosých strojích které mají nejméně dvě naklápěcí osy, tedy v našem případě naklápěcí či otočný stůl nebo hlavu (stroj DMG DMU 65 MonoBlock).

Tím obrobíme celou součást na jedno upnutí. Odpadají pak všechny nepříjemnosti co se týká upínání a nutné měření dotykovou sondou. Rapidně se zvyšuje produktivita a zároveň snižuje možné vnesení chyby lidským faktorem.

4. Zhodnocení a závěr

Racionalizace na konkrétní součásti byla provedena za účelem zvýšení produktivity výroby. Příčinou tohoto zvýšení je zavedení navržených opatření, která spočívají v úspoře počtu nástrojů, počtu upnutí, seřizovacích časů a tím i úspoře času celkového. Možností racionalizovat proces obrábění je několik, a tato práce reprezentuje jednu z nich.

Pro realizaci nového postupu výroby na stroji DMG DMU 65 MonoBlock by musela být provedena analýza z ekonomického hlediska. Výrobou na tomto víceosém stroji snížíme

výrobní čas, ovšem hodinová sazba je zde přibližně o 40 % vyšší než na třiosém frézovacím centru MAS MCV 1000 Quick. Výroba racionalizovaného návrhu by se tedy aplikovala od takového počtu kusů součástí, pro který by byl výstup firmě přínosný.

V přílohách této práce jsou vypracovány výrobní postupy pro oba stroje(příloha č.1 a příloha č.2). Dále je zde k nahlédnutí seřizovací list (příloha č.3) a NC program (příloha č.4) pro stroj DMG DMU 65 MonoBlock, na kterém racionalizace proběhla. Samozřejmostí je i výrobní výkres součásti (příloha č.6).

Literatura a odkazy

Literatura:

[9] Dr.Johannes Heidenhain GmbH. *Příručka uživatele, Popisný dialog HEIDENHAIN iTNC530. 533 190 – C0 .SW02.1.9-2009.S.*

Odkazy:

[1] Sandvik Coromant – znalosti a zkušenosti .[Online]. [cit.2013-12-04].

Dostupné z: www.sandvik.coromant.com

[2]DMG MORI .[Online]. [cit.2014-04-28].Dostupné z: cz.dmgmori.com

KKS .[Online]. [cit.2014-04-28].Dostupné z: <http://www.kks.cz/technologie.html>

[3] JK - nástroje .[Online]. [cit.2014-06-10].Dostupné z: www.jk-nastroje.cz

[4]DMG MORI .[Online]. [cit.2014-06-05].Dostupné z: <http://cz.dmgmori.com/>

[5] Kovonástroje .[Online]. [cit.2014-05-18].Dostupné z: <http://www.kovonastroje.cz/>

[6] Katalog Pramet .[Online]. [cit.2014-05-18].Dostupné z: www.pramet.com/cz

[7] Katalog Guhring .[Online]. [cit.2014-05-21].Dostupné z: www.guhring.com

[8] Stimzet [Online] .[cit.2014-05-21].Dostupné z: www.stimzet.cz

[10] JKZ Bučovice a.s. [Online] .[cit.2014-04-29].Dostupné z: www.jkz.cz

Seznam příloh

Příloha č.1 – Výrobní postup součásti pro stroj MAS MCV 1000 Quick

Příloha č.2 – Výrobní postup součásti pro stroj DMG DMU 65 MonoBlock

Příloha č.3 – Seřizovací list pro stroj DMG DMU 65 MonoBlock

Příloha č.4 – Nc program pro stroj DMG DMU 65 MonoBlock

Příloha č.5 – Podprogram pro zpětnou transformaci nulového bodu

Příloha č.6 – Výkresová dokumentace součásti

Přílohy

PŘÍLOHA č.1

Výrobní postup součásti pro stroj MAS MCV 1000 Quick

PŘÍLOHA č.2

Výrobní postup součásti pro stroj DMG DMU 65 MonoBlock

PŘÍLOHA č.3:

Seřizovací list pro stroj DMG DMU 65 MonoBlock

PŘÍLOHA č.4:

Nc program pro stroj DMG DMU 65 MonoBlock

```
0 BEGIN PGM BP_soucast MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-55
2 BLK FORM 0.2 X+210 Y+110 Z+0
3 TOOL CALL 9 Z S( VC = 335 ) ~
  F380
4 L Z+200 R0 FMAX
5 L X+0 Y+0 Z+10 R0 FMAX M3
6 L X+105 Y+55 R0 F300
7 L Z+2
8 CYCL DEF 200 DRILLING ~
  Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
  Q201=-65 ;DEPTH ~
  Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
  Q202=+5 ;PLUNGING DEPTH ~
  Q210=+0 ;DWELL TIME AT TOP ~
  Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
  Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
  Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH
9 CYCL CALL M3
10 CC X+105 Y+55
11 L Z+200
12 L M5
13 TOOL CALL 4 Z S( VC = 360 ) ~
  F5520
14 L Z+10 M3
15 CYCL DEF 208 BORE MILLING ~
  Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
  Q201=-58 ;DEPTH ~
  Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
  Q334=+2 ;PLUNGING DEPTH ~
  Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
  Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
  Q335=+40 ;NOMINAL DIAMETER ~
  Q342=+25 ;ROUGHING DIAMETER ~
  Q351=+1 ;CLIMB OR UP-CUT
16 CYCL CALL M3
17 CC X+105 Y+55
18 L Z+200
19 L M5
20 TOOL CALL 8 Z S( VC = 300 ) ~
  F2170
21 L Z+20 M3
22 L X+10 Y-45
23 L Z-3
24 L Y+155
25 L Z-6
26 L Y-45
27 L Z-9
28 L Y+155
29 L Z-12
30 L Y-45
31 L Z-15
32 L Y+155
33 L Z-18
34 L Y-45
```

```
35 L Z-21
36 L Y+155
37 L Z-24
38 L Y-45
39 L Z-27
40 L Y+155
41 L Z-30
42 L Y-45
43 L Z-33
44 L Y+155
45 L Z-36
46 L Y-45
47 L Z-39
48 L Y+155
49 L Z-40
50 L Z+200
51 L X+200 Y-45
52 L Z-3
53 L Y-45
54 L Z-6
55 L Y+155
56 L Z-9
57 L Y-45
58 L Z-12
59 L Y+155
60 L Z-15
61 L Y-45
62 L Z-18
63 L Y+155
64 L Z-21
65 L Y-45
66 L Z-24
67 L Y+155
68 L Z-27
69 L Y-45
70 L Z-30
71 L Y+155
72 L Z-33
73 L Y-45
74 L Z-36
75 L Y+155
76 L Z-39
77 L Y-45
78 L Z-40
79 L Y+155
80 L Z+200 M5
81 TOOL CALL 6 S( VC = 140 ) ~
    F200
82 L Z+100 M3
83 L X+20 Y+85.5
84 CYCL DEF 253 SLOT MILLING ~
    Q215=+0 ;MACHINING OPERATION ~
    Q218=+27 ;SLOT LENGTH ~
    Q219=+17 ;SLOT WIDTH ~
    Q368=+0.2 ;ALLOWANCE FOR SIDE ~
```

```
Q374=+0 ;ANGLE OF ROTATION ~
Q367=+2 ;SLOT POSITION ~
Q207=+500 ;FEED RATE FOR MILLNG ~
Q351=+1 ;CLIMB OR UP-CUT ~
Q201=-15.5 ;DEPTH ~
Q202=+1 ;PLUNGING DEPTH ~
Q369=+0 ;ALLOWANCE FOR FLOOR ~
Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
Q338=+0 ;INFEEED FOR FINISHING ~
Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
Q203=-40 ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+2 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
Q366=+2 ;PLUNGE ~
Q385=+500 ;FINISHING FEED RATE
85 CYCL CALL M3
86 L Z+100
87 L X+180 Y+85.5
88 CYCL CALL M3
89 L Z+200
90 TOOL CALL 6 Z S( VC = 140 ) ~
    F200
91 L Z+2
92 L X+97 Y-20
93 CYCL DEF 14.0 CONTOUR GEOMETRY
94 CYCL DEF 14.1 CONTOUR LABEL1 /2
95 CYCL DEF 20 CONTOUR DATA ~
    Q1=-40 ;MILLING DEPTH ~
    Q2=+1 ;TOOL PATH OVERLAP ~
    Q3=+0 ;ALLOWANCE FOR SIDE ~
    Q4=+0 ;ALLOWANCE FOR FLOOR ~
    Q5=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q6=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q7=+50 ;CLEARANCE HEIGHT ~
    Q8=+2 ;ROUNDING RADIUS ~
    Q9=+1 ;ROTATIONAL DIRECTION
96 CYCL DEF 22 ROUGH-OUT ~
    Q10=-5 ;PLUNGING DEPTH ~
    Q11=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q12=+500 ;FEED RATE F. ROUGHNG ~
    Q18=+0 ;COARSE ROUGHING TOOL ~
    Q19=+0 ;FEED RATE FOR RECIP. ~
    Q208=+99999 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q401=+100 ;FEED RATE FACTOR ~
    Q404=+0 ;FINE ROUGH STRATEGY
97 CYCL CALL M3
98 LBL 1
99 FL X+97 Y-16 RR
100 FL AN+90 Y+26.6326
101 FL AN+135 X+76.6326 Y+47
102 FL X+40 AN+180
103 FL Y+63 AN+90
104 FL AN+0 X+76.6326
105 FL X+97 Y+83.3674 AN+45
106 FL X+97 Y+120 AN+90
107 FL X+113 AN+0
```

```
108 FL Y+83.3674 AN+270
109 FL Y+63 AN+315
110 FL X+170 AN+0
111 FL Y+47 AN+270
112 FL X+133.3674 AN+180
113 FL X+113 AN+225
114 FL Y-16 AN+270
115 FL X+97 AN+180
116 LBL 0
117 LBL 2
118 CC X+105 Y+55
119 LP PR+10 RR
120 CP PA+90 DR+
121 CP PA+90 DR+
122 LBL 0
123 TOOL CALL 6 Z S( VC = 140 ) ~
    F200
124 L Z+200
125 CALL PGM resetnulbod
126 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
127 CYCL DEF 7.1 X+67.745
128 CYCL DEF 7.2 Y+47
129 CYCL DEF 7.3 Z+0
130 PLANE SPATIAL SPA-45 SPB+0 SPC-45 MOVE DIST50 SEQ- TABLE ROT
131 L Z+100
132 L X-8 Y+2.5 R0 FMAX M3
133 L Z+0
134 L X+40 Y+2.5
135 CALL PGM resetnulbod
136 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
137 CYCL DEF 7.1 X+113
138 CYCL DEF 7.2 Y+17.745
139 CYCL DEF 7.3 Z+0
140 PLANE SPATIAL SPA-45 SPB+0 SPC+45 MOVE DIST50 SEQ- TABLE ROT
141 L Z+100
142 L X-8 Y+2.5 R0 FMAX M3
143 L Z+0
144 L X+40 Y+2.5
145 CALL PGM resetnulbod
146 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
147 CYCL DEF 7.1 X+142.255
148 CYCL DEF 7.2 Y+63
149 CYCL DEF 7.3 Z+0
150 PLANE SPATIAL SPA+45 SPB+0 SPC-45 MOVE DIST50 SEQ- TABLE ROT
151 L Z+100
152 L X+8 Y-2.5 R0 FMAX M3
153 L Z+0
154 L X-40 Y-2.5
155 CALL PGM resetnulbod
156 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
157 CYCL DEF 7.1 X+97
158 CYCL DEF 7.2 Y+92.255
159 CYCL DEF 7.3 Z+0
160 PLANE SPATIAL SPA+45 SPB+0 SPC+45 MOVE DIST50 SEQ- TABLE ROT
161 L Z+100
```



```
162 L X+8 Y-2.5 R0 FMAX M3
163 L Z+0
164 L X-40 Y-2.5
165 CALL PGM resetnulbod
166 TOOL CALL 1 Z S( VC = 120 ) ~
    F690
167 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
168 CYCL DEF 7.1 X+50
169 CYCL DEF 7.2 Y+0
170 CYCL DEF 7.3 Z+0
171 PLANE SPATIAL SPA+90 SPB+0 SPC+0 MOVE DIST50 SEQ- TABLE ROT
172 L Z+100
173 L X+18.5 Y-17 R0 FMAX M3
174 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-4 ;DEPTH ~
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+10 ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0 ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0 ;DECREMENT ~
    Q213=+0 ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0 ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+1 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2 ;DIST FOR CHIP BRKNG
175 CYCL CALL M3
176 L X+78 Y-17
177 CYCL CALL M3
178 L Z+200
179 TOOL CALL 3 Z S( VC = 150 ) ~
    F1330
180 L X+78 Y-17 Z+100
181 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-18 ;DEPTH ~
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+5 ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0 ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0 ;DECREMENT ~
    Q213=+0 ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0 ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2 ;DIST FOR CHIP BRKNG
182 CYCL CALL M3
183 L Z+200
184 TOOL CALL 2 Z S( VC = 150 ) ~
    F830
185 L Z+100
186 L X+18.5 Y-17
187 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
```

```
Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
Q201=-92     ;DEPTH ~
Q206=+150    ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
Q202=+5      ;PLUNGING DEPTH ~
Q210=+0      ;DWELL TIME AT TOP ~
Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
Q212=+0      ;DECREMENT ~
Q213=+0      ;NR OF BREAKS ~
Q205=+0      ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
Q211=+0      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
Q208=+99999  ;RETRACTION FEED RATE ~
Q256=+0.2    ;DIST FOR CHIP BRKNG
188 CYCL CALL M3
189 L Z+200
190 TOOL CALL 10 Z S( VC = 25 ) ~
    F185
191 L Z+100
192 L X+18.5 Y-17
193 CYCL DEF 201 REAMING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-86     ;DEPTH ~
    Q206=+65     ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+100    ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE
194 CYCL CALL M3
195 TOOL CALL 7 Z S( VC = 120 ) ~
    F640
196 L Z+100
197 L X+78 Y-17
198 CYCL DEF 240 CENTERING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q343=+1      ;SELECT DIA./DEPTH ~
    Q201=+0      ;DEPTH ~
    Q344=-6.5    ;DIAMETER ~
    Q206=+150    ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+1      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE
199 CYCL CALL M3
200 L X+18.5 Y-17
201 CYCL DEF 240 CENTERING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q343=+1      ;SELECT DIA./DEPTH ~
    Q201=+0      ;DEPTH ~
    Q344=-12.5   ;DIAMETER ~
    Q206=+150    ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE
202 CYCL CALL M3
203 L Z+200
204 TOOL CALL 11 Z S( VC = 18 ) ~
```

```
F105
205 L Z+100
206 L X+18.5 Y-17
207 CYCL DEF 201 REAMING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-86 ;DEPTH ~
    Q206=+50 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+100 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
208 CYCL CALL M3
209 L Z+200
210 TOOL CALL 5 S( VC = 15 )
211 L X+78 Y-17 Z+100
212 CYCL DEF 207 RIGID TAPPING NEW ~
    Q200=+5 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-18 ;DEPTH OF THREAD ~
    Q239=+1 ;THREAD PITCH ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
213 CYCL CALL M3
214 L Z+200
215 CALL PGM resetnulbod
216 TOOL CALL 1 Z S( VC = 120 ) ~
    F690
217 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
218 CYCL DEF 7.1 X+50
219 CYCL DEF 7.2 Y+110
220 CYCL DEF 7.3 Z+0
221 PLANE SPATIAL SPA+90 SPB+0 SPC-90 MOVE DIST50 SEQ- TABLE ROT
222 L Z+100
223 L X+18.5 Y-17 R0 FMAX M3
224 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-4 ;DEPTH ~
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+10 ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0 ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0 ;DECREMENT ~
    Q213=+0 ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0 ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+1 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2 ;DIST FOR CHIP BRKNG
225 CYCL CALL M3
226 L X+78 Y-17
227 CYCL CALL M3
228 L Z+200
229 TOOL CALL 3 Z S( VC = 150 ) ~
    F1330
230 L X+78 Y-17 Z+100
231 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
```

```
Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
Q201=-18     ;DEPTH ~
Q206=+150    ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
Q202=+5      ;PLUNGING DEPTH ~
Q210=+0      ;DWELL TIME AT TOP ~
Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
Q212=+0      ;DECREMENT ~
Q213=+0      ;NR OF BREAKS ~
Q205=+0      ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
Q211=+0      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
Q208=+99999  ;RETRACTION FEED RATE ~
Q256=+0.2    ;DIST FOR CHIP BRKNG
232 CYCL CALL M3
233 L Z+200
234 TOOL CALL 2 Z S( VC = 150 ) ~
    F830
235 L Z+100
236 L X+18.5 Y-17
237 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-92     ;DEPTH ~
    Q206=+150    ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+5      ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0      ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0      ;DECREMENT ~
    Q213=+0      ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0      ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+0      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999  ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2    ;DIST FOR CHIP BRKNG
238 CYCL CALL M3
239 L Z+200
240 TOOL CALL 10 Z S( VC = 25 ) ~
    F185
241 L Z+100
242 L X+18.5 Y-17
243 CYCL DEF 201 REAMING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-86     ;DEPTH ~
    Q206=+65     ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+100    ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE
244 CYCL CALL M3
245 TOOL CALL 7 Z S( VC = 120 ) ~
    F640
246 L Z+100
247 L X+78 Y-17
248 CYCL DEF 240 CENTERING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q343=+1      ;SELECT DIA./DEPTH ~
```

```
Q201=+0 ;DEPTH ~
Q344=-6.5 ;DIAMETER ~
Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
Q211=+1 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
249 CYCL CALL M3
250 L X+18.5 Y-17
251 CYCL DEF 240 CENTERING ~
Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
Q343=+1 ;SELECT DIA./DEPTH ~
Q201=+0 ;DEPTH ~
Q344=-12.5 ;DIAMETER ~
Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
252 CYCL CALL M3
253 L Z+200
254 TOOL CALL 11 Z S( VC = 18 ) ~
F105
255 L Z+100
256 L X+18.5 Y-17
257 CYCL DEF 201 REAMING ~
Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
Q201=-86 ;DEPTH ~
Q206=+50 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
Q208=+100 ;RETRACTION FEED RATE ~
Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
258 CYCL CALL M3
259 L Z+200
260 TOOL CALL 5 S( VC = 15 )
261 L X+78 Y-17 Z+100
262 CYCL DEF 207 RIGID TAPPING NEW ~
Q200=+5 ;SET-UP CLEARANCE ~
Q201=-18 ;DEPTH OF THREAD ~
Q239=+1 ;THREAD PITCH ~
Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
263 CYCL CALL M3
264 L Z+200
265 CALL PGM resetnulbod
266 TOOL CALL 1 Z S( VC = 120 ) ~
F690
267 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
268 CYCL DEF 7.1 X+160
269 CYCL DEF 7.2 Y+110
270 CYCL DEF 7.3 Z+0
271 PLANE SPATIAL SPA-90 SPB+0 SPC+0 MOVE DIST50 FMAX SEQ- TABLE ROT
272 L Z+100
273 L X-18.5 Y+17 R0 FMAX M3
274 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
```

```
Q201=-4      ;DEPTH ~
Q206=+150    ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
Q202=+10     ;PLUNGING DEPTH ~
Q210=+0      ;DWELL TIME AT TOP ~
Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
Q212=+0      ;DECREMENT ~
Q213=+0      ;NR OF BREAKS ~
Q205=+0      ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
Q211=+1      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
Q208=+99999  ;RETRACTION FEED RATE ~
Q256=+0.2    ;DIST FOR CHIP BRKNG
275 CYCL CALL M3
276 L X-78 Y+17
277 CYCL CALL M3
278 L Z+200
279 TOOL CALL 3 Z S( VC = 150 ) ~
    F1330
280 L X-78 Y+17 Z+100
281 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-18     ;DEPTH ~
    Q206=+150    ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+5      ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0      ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0      ;DECREMENT ~
    Q213=+0      ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0      ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+0      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999  ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2    ;DIST FOR CHIP BRKNG
282 CYCL CALL M3
283 L Z+200
284 TOOL CALL 2 Z S( VC = 150 ) ~
    F830
285 L Z+100
286 L X-18.5 Y+17
287 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-92     ;DEPTH ~
    Q206=+150    ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+5      ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0      ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0      ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50     ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0      ;DECREMENT ~
    Q213=+0      ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0      ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+0      ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999  ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2    ;DIST FOR CHIP BRKNG
288 CYCL CALL M3
289 L Z+200
```

```
290 TOOL CALL 10 Z S( VC = 25 ) ~
    F185
291 L Z+100
292 L X-18.5 Y+17
293 CYCL DEF 201 REAMING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-86 ;DEPTH ~
    Q206=+65 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+100 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
294 CYCL CALL M3
295 TOOL CALL 7 Z S( VC = 120 ) ~
    F640
296 L Z+100
297 L X-78 Y+17
298 CYCL DEF 240 CENTERING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q343=+1 ;SELECT DIA./DEPTH ~
    Q201=+0 ;DEPTH ~
    Q344=-6.5 ;DIAMETER ~
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+1 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
299 CYCL CALL M3
300 L X-18.5 Y+17
301 CYCL DEF 240 CENTERING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q343=+1 ;SELECT DIA./DEPTH ~
    Q201=+0 ;DEPTH ~
    Q344=-12.5 ;DIAMETER ~
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
302 CYCL CALL M3
303 L Z+200
304 TOOL CALL 11 Z S( VC = 18 ) ~
    F105
305 L Z+100
306 L X-18.5 Y+17
307 CYCL DEF 201 REAMING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-86 ;DEPTH ~
    Q206=+50 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+100 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
308 CYCL CALL M3
309 L Z+200
310 TOOL CALL 5 S( VC = 15 )
311 L X-78 Y+17 Z+100
```

```
312 CYCL DEF 207 RIGID TAPPING NEW ~
    Q200=+5      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-18    ;DEPTH OF THREAD ~
    Q239=+1     ;THREAD PITCH ~
    Q203=+0     ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50    ;2ND SET-UP CLEARANCE
313 CYCL CALL M3
314 L Z+200
315 CALL PGM resetnulbod
316 TOOL CALL 1 Z S( VC = 120 ) ~
    F690
317 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
318 CYCL DEF 7.1 X+160
319 CYCL DEF 7.2 Y+0
320 CYCL DEF 7.3 Z+0
321 PLANE SPATIAL SPA+90 SPB+0 SPC+90 MOVE DIST50 SEQ- TABLE ROT
322 L Z+100
323 L X+18.5 Y-17 R0 FMAX M3
324 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-4     ;DEPTH ~
    Q206=+150   ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+10    ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0     ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0     ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50    ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0     ;DECREMENT ~
    Q213=+0     ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0     ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+1     ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2   ;DIST FOR CHIP BRKNG
325 CYCL CALL M3
326 L X+78 Y-17
327 CYCL CALL M3
328 L Z+200
329 TOOL CALL 3 Z S( VC = 150 ) ~
    F1330
330 L X+78 Y-17 Z+100
331 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2      ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-18    ;DEPTH ~
    Q206=+150   ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+5     ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0     ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0     ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50    ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0     ;DECREMENT ~
    Q213=+0     ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0     ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+0     ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2   ;DIST FOR CHIP BRKNG
332 CYCL CALL M3
333 L Z+200
```



```
334 TOOL CALL 2 Z S( VC = 150 ) ~
    F830
335 L Z+100
336 L X+18.5 Y-17
337 CYCL DEF 203 UNIVERSAL DRILLING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-92 ;DEPTH ~
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+5 ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0 ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q212=+0 ;DECREMENT ~
    Q213=+0 ;NR OF BREAKS ~
    Q205=+0 ;MIN. PLUNGING DEPTH ~
    Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+99999 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q256=+0.2 ;DIST FOR CHIP BRKNG
338 CYCL CALL M3
339 L Z+200
340 TOOL CALL 10 Z S( VC = 25 ) ~
    F185
341 L Z+100
342 L X+18.5 Y-17
343 CYCL DEF 201 REAMING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-86 ;DEPTH ~
    Q206=+65 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q208=+100 ;RETRACTION FEED RATE ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
344 CYCL CALL M3
345 TOOL CALL 7 Z S( VC = 120 ) ~
    F640
346 L Z+100
347 L X+78 Y-17
348 CYCL DEF 240 CENTERING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q343=+1 ;SELECT DIA./DEPTH ~
    Q201=+0 ;DEPTH ~
    Q344=-6.5 ;DIAMETER ~
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+1 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
349 CYCL CALL M3
350 L X+18.5 Y-17
351 CYCL DEF 240 CENTERING ~
    Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q343=+1 ;SELECT DIA./DEPTH ~
    Q201=+0 ;DEPTH ~
    Q344=-12.5 ;DIAMETER ~
    Q206=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
```

```
Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
352 CYCL CALL M3
353 L Z+200
354 TOOL CALL 11 Z S( VC = 18 ) ~
F105
355 L Z+100
356 L X+18.5 Y-17
357 CYCL DEF 201 REAMING ~
Q200=+2 ;SET-UP CLEARANCE ~
Q201=-86 ;DEPTH ~
Q206=+50 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
Q211=+0 ;DWELL TIME AT DEPTH ~
Q208=+100 ;RETRACTION FEED RATE ~
Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
358 CYCL CALL M3
359 L Z+200
360 TOOL CALL 5 S( VC = 15 )
361 L X+78 Y-17 Z+100
362 CYCL DEF 207 RIGID TAPPING NEW ~
Q200=+5 ;SET-UP CLEARANCE ~
Q201=-18 ;DEPTH OF THREAD ~
Q239=+1 ;THREAD PITCH ~
Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
Q204=+50 ;2ND SET-UP CLEARANCE
363 CYCL CALL M3
364 L Z+200
365 CALL PGM resetnulbod
366 END PGM BP_soucast MM
```

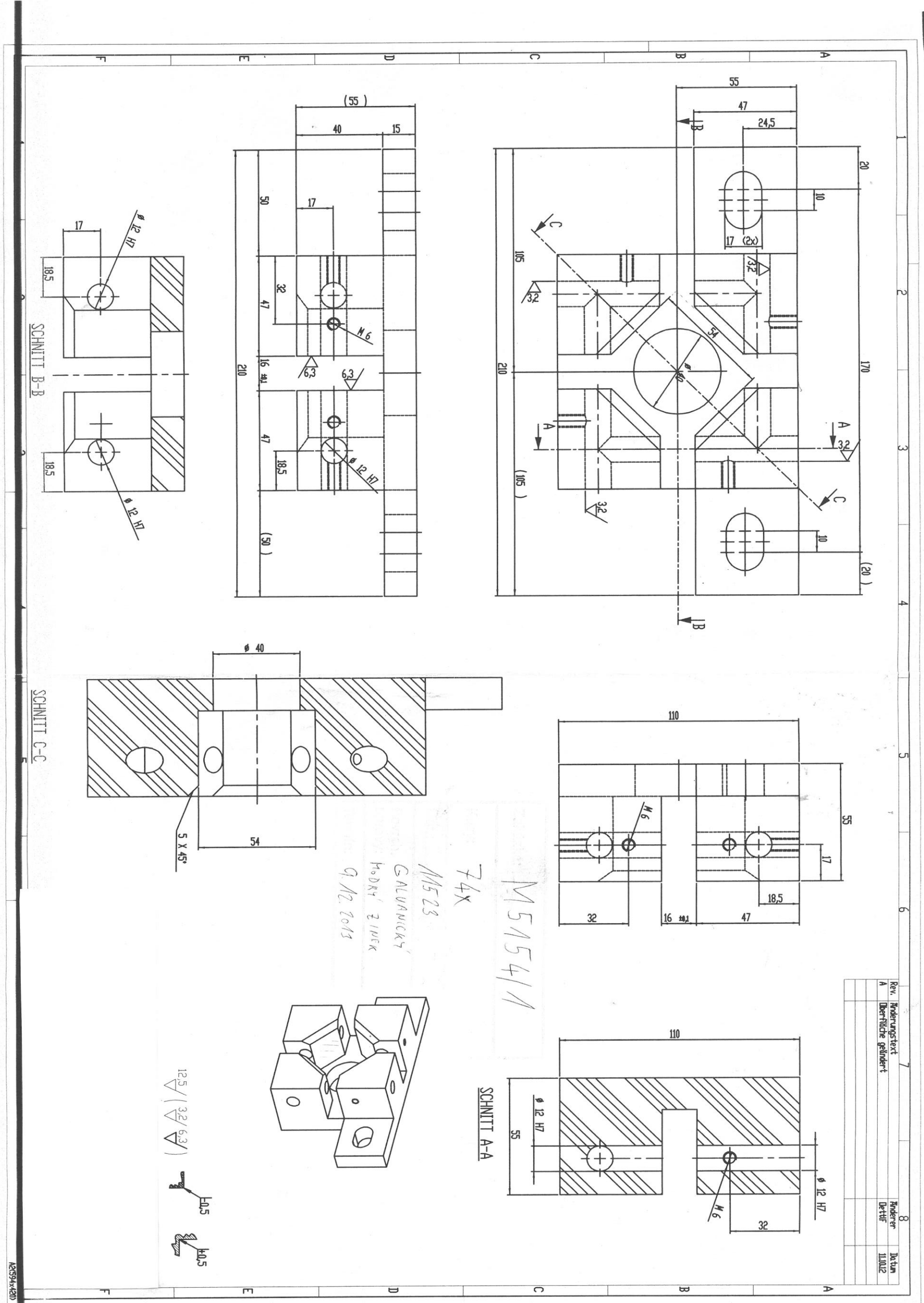
PŘÍLOHA č.5

Podprogram pro zpětnou transformaci nulového bodu

```
0 BEGIN PGM resetnulbod MM
1 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
2 CYCL DEF 7.1 X+0
3 CYCL DEF 7.2 Y+0
4 CYCL DEF 7.3 Z+0
5 CYCL DEF 7.4 A+0
6 CYCL DEF 7.5 B+0
7 CYCL DEF 7.6 C+0
8 PLANE RESET STAY
9 L Z+200 FMAX
10 END PGM resetnulbod MM
```

PŘÍLOHA č.6

Výkresová dokumentace součásti



Rev.	Änderungstext	Datum
A	Überflüche geändert	11.01.12